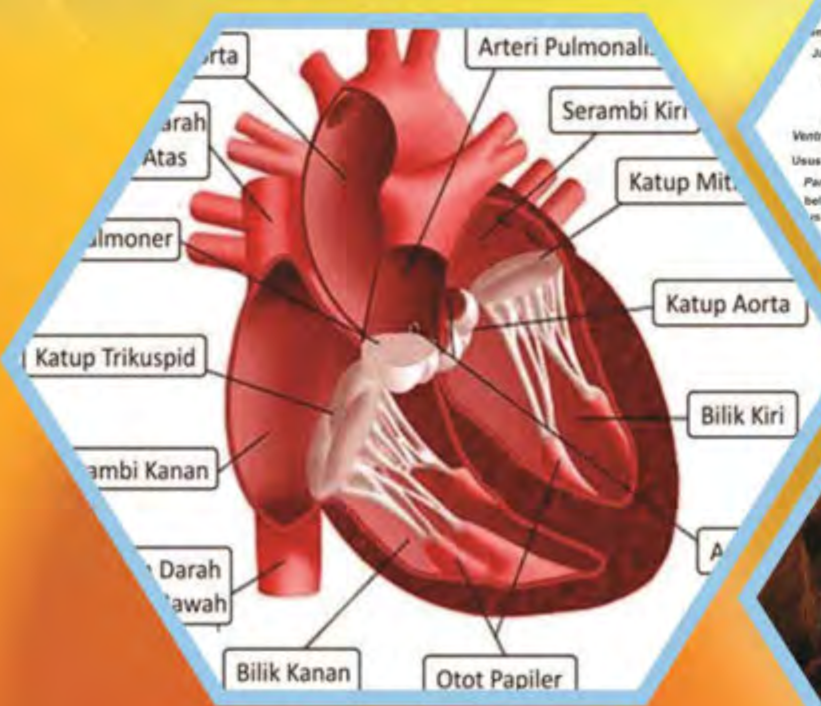
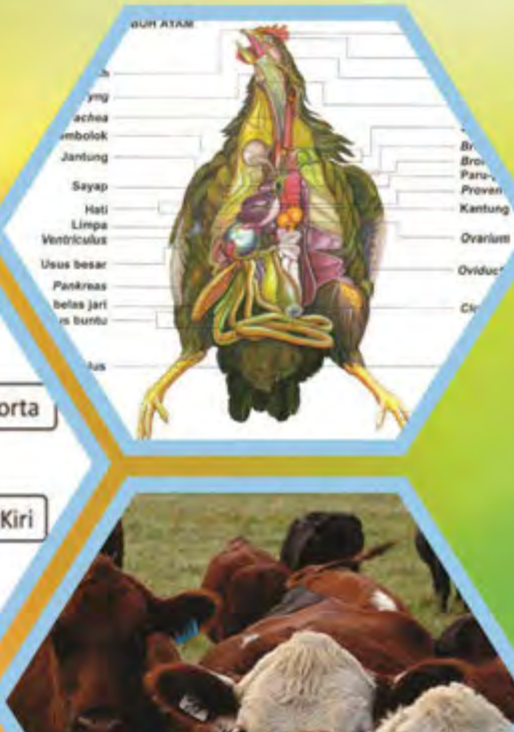
Buku Teks Bahan Ajar Siswa

Paket Keahlian: Kesehatan hewan

Anatomi Hewan







Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KELAS X
SEMESTER 2

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

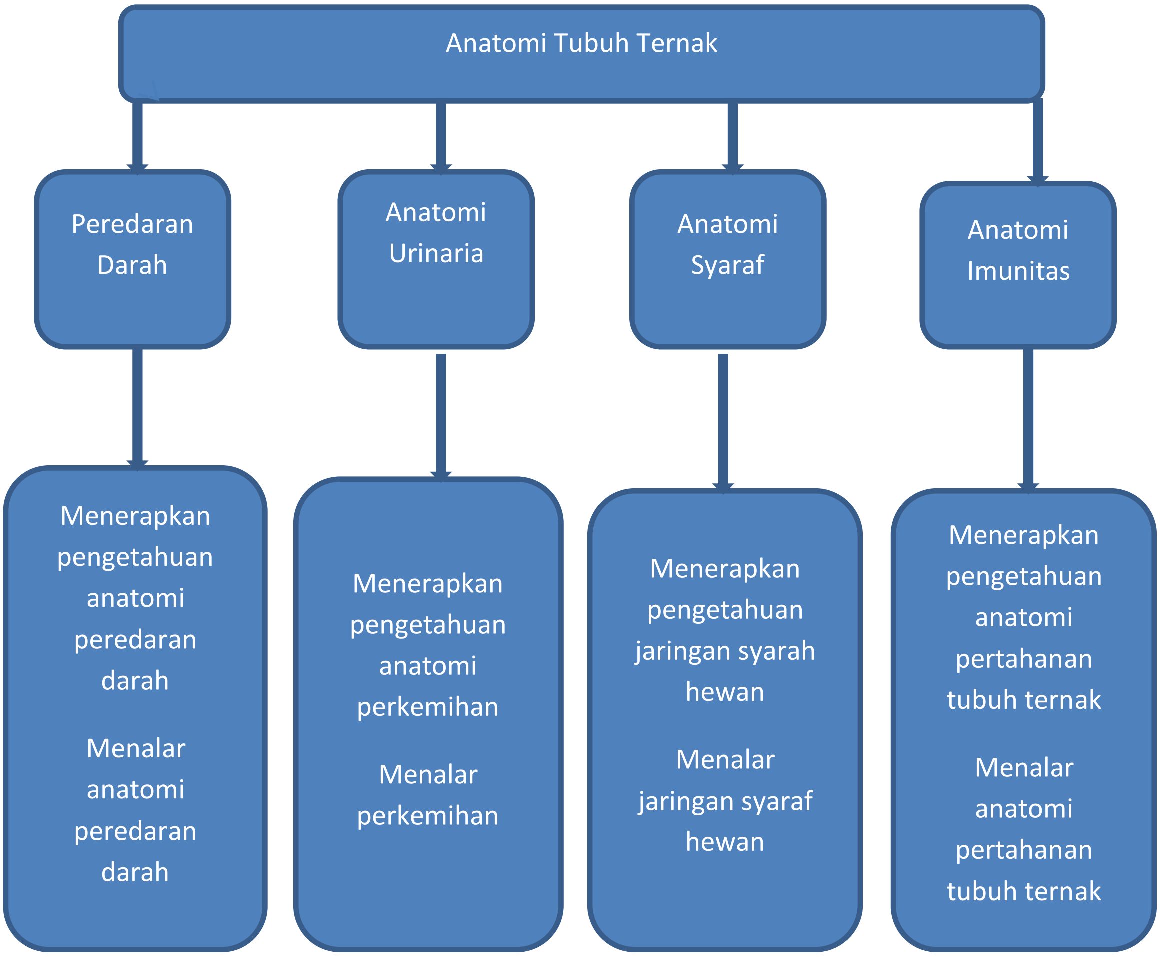
DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Buku Teks Siswa SMK yang membahas tentang anatomi tubuh hewan seperti anatomi peredaran darah,anatomi urinaria,anatomi syaraf dan anatomi imunitas, adalah merupakan salah satu kompetensi yang wajib dikuasai oleh setiap peserta didik kejuruan bidang peternakan dan kesehatanternak, sebagai bagian terpenting yang mendasari dalam mempelajari kompetensi lainnya yang berhubungan dengan Program Keahlian Agroteknologi dan Agro Industri yang bergerak dalam Budidaya Ternak. Antara satu kompetensi dengan kompetensi yang lainnya ada keterkaitan, sehingga dalam memahami isi setiap kompetensi harus dipelajari secara berurutan dan tuntas.

Secara lengkap dan jelas dapat dilihat peta kedudukan bahan ajar anatomi hewan yang tertera berikut ini.

Terlihat jelas bahwa peta kedudukan buku teks siswa ini diuraikan secara berurut dan bertahap dan antara satu dengan yang lainnya masih dalam keadaan yang saling berkaitan.Setelah memahami kompetensi pendahulu akan menjadikan dasar dalampembahasan kompetensi berikutnya dan seterunya,yang menjadikan kedudukan teks ini akan menjadi satu kesatuan yang saling mendukung tak terlepaskan satu dengan yang lainnya. Bila pemahaman dan penguasaan dilakukan sudah mencapai pada tingkat yang diharapkan,maka akan mempermudah untuk melangkah pada materi berikutnya secara lebih mudah.


Anatomi Tubuh Ternak
Peredaran Darah
Anatomi Urinaria
Anatomi Syaraf
Anatomi Imunitas
Menerapkan pengetahuan anatomi peredaran darah
Menalar anatomi peredaran darah
Menerapkan pengetahuan anatomi perkemihan
Menalar perkemihan
Menerapkan pengetahuan jaringan syarah hewan
Menalar jaringan syaraf hewan
Menerapkan pengetahuan anatomi pertahanan tubuh ternak
Menalar anatomi pertahanan tubuh ternak

GLOSARIUM

Akson :serat panjang yang membawa impuls saraf .

Akson terminal :Struktur di ujung akson yang menghasilkan neurotransmiter untuk mengirimkan impuls syaraf ke seluruh sinaps .

Amphibia :Hewan hidup di darat dan di air.

Anatomi :Ilmu dalam tubuh, yang mempelajari struktur dan hubungan antara bagian-bagian tubuh.

Antigen :Suatu protein pada permukaan sel atau bakteri yang merangsang pembentukan antibodi.

Anterior :Menuju ke depan tubuh.

Antibodi :Zat kebal dalam tubuh.

Aorta :Pembuluh darah yang langsung berhubungan dengan jantung.

Arteri :Pembuluh nadi, yaitu pembuluh yang arah alirannya meninggalkan jantung.

Ascenden :Mengarah naik

Atrium :Serambi jantung.

Badan malphigi :Gabungan antara glomerulus dengan kapsul Bowman

Bursa fabricius :Organ pembentuk kekebalan pada unggas.

Capsula :Pembungkus

Cistitis :Radang pada membrane mukosa yang melapisi kandung kemih.

Dendrit :Filamen bercabang yang melakukan impuls saraf menuju sel.

Descenden	:Mengarah turun
Dekter	:Sebelah kanan
Denyut jantung	:Jumlah detak jantung setiap menit.
Diastole	:Otot jantung jadi kendor,setelah tegang ketika menguncup.
Distal	:Lebih jauh dari titik sambungan anggota tubuh.
Efektor	:Sel atau organ yang menghasilkan tanggapan terhadap rangsangan.
Ekskresi	:Pengeluaran zat-zat sisa metabolisme oleh sel dan darah melalui urin, keringat dan pernafasan
Eritropoiesis	:Pembentukan sel darah merah, terjadi di sumsum tulang merah.
Eksitasi	:Pelepasan regeneratif energi listrik dari membran syaraf.
Epithalamus	:Bagian yang nampak pada dorsal dari otak.
Fagosit	:Sel darah putih yang berkeliling di seluruh tubuh dan menyerang bakteri dan penyusup asing lainnya yang masuk ke dalam tubuh.
Fibrinogen	:Protein yang larut dalam plasma darah.
Filtrasi	:Proses penyaringan.
Ganglion	:Kumpulan badan sel syaraf.
Hyperplasia ginjal	:Ginjal yang mengalami pembesaran lebih dari keadaan normalnya.
Hypoplasia ginjal	:Ukuran ginjal lebih kecil dari normal.

Histiosit :Sel-sel khusus yang “menangkap” atau merombak eritrosit tua.

Imunitas bawaan :Sistem kekebalan tubuh sendiri, yang selalu tersedia untuk melindungi tubuh.

Imunitas humoral :Imunitas yang diperankan oleh sel limfosit B dengan atau tanpa bantuan sel imunokompeten lainnya.

Inferior :Di bawah struktur lain.

Ipsilateral :Disisi tubuh yang sama.

Intermediet :Diantara dua struktur.

Interferon :Protein yang membantu melindungi sel-sel tubuh terhadap virus.

Kapiler :Pembuluh darah yang sangat kecildengan dinding yang sangat tipis

Karboksi hemoglobin:Senyawa stabil yang dibentuk ketika karbonmonoksida bergabung dengan hemoglobin.

Kranial :Bagian kepala

Kaudal :Bagian ekor

Kontraksi :Memanjang dan memendek (tentang otot).

Kontralateral :Di bagian tubuh yang berlawanan.

Kapsula Bowman :Bagian berbentuk mangkok yang mengelilingi glomerulus.

Keping darah/trombosit:Pecahan sel besar yang memperbaiki dinding pembuluh darah yang rusak dan melepaskan enzim yang mengaktifkan

pengehentian pendarahan.

Lateral :Menjauhi bidang tengah tubuh (menuju ke bagian samping).

Leukosit :Sel darah putih.

Limpa :Sel darah putih(leukosit)yang menyediakan tanggapan imin yang

menyerang sel-sel asing khusus dan zat asing

Lobi :Ruangan

Makrofag :Jenis darah putih yang membersihkan tubuh dari partikel mikroskopis yang tidak diinginkan seperti bakteri dan sel-sel mati.

Medial :Menuju bidang tengah tubuh (membagi tubuh menjadi dua bagian yang sama kiri dan kanan).

Mega kariosit :Tempat pembentukan sel-sel pembeku darah.

Methemoglobin :Produk oksidasi dari hemoglobin.

Myoglobin :Merupakan suatu pigmen pengikat oksigen yang terdapat dalam otot merah (otot lambat) dan dalam enzim pernafasan.

Nefritis :Kerusakan pada glomerulus akibat adanya infeksi kuman,

Nefron :Unit terkecil dari sistem ekskresi, tersusun dari badan malphigi (glomelurus dan kapsula bowman) dan tubulus kontortus.

Neuron :Merupakan unit fungsional dan struktural sistem syaraf pada semua hewan multisel.

Neuroglia :Sel yang mendukung dan melindungi neuron.

Neuron motorik :Mentransmisikan impuls dari sistem syaraf pusat ke efektor (otot

atau kelenjar).

Neuron sensori atau :Mentransmisikan impuls dari kulit dan organ sensori lainnya dari berbagai tempat di dalam tubuh ke sistem syaraf pusat.

Neurit/Akson :Serabut saraf yang keluar dari badan sel saraf.

Neurotransmitter :Kimia disekresikan ke dalam celah antara neuron di sinaps .

Neurilema :Membran halus transparan berbentuk tabung yang terbentuk dari sel-sel yang membungkus serabut.

Neutrofil :Salah satu jenis sel darah putih yang berinti banyak dan bergranula netral.

Neurit (akson) :Penjuluran sitoplasma yang panjang, berfungsi menghantar rangsangan dari badan sel syaraf ke neuron lainnya.

Nodus Ranvier :Bagian/titik pada akson yang tidak terbungkus, berfungsi mempercepat penyampaian rangsangan

Plasia ginjal :Abnormalitas ginjal dimana struktur penyusun jaringannya tidak sesuai.

Posterior :Menuju ke bagian belakang.

Protrombin :Senyawa globulin yang larut dan dihasilkan di hati dengan bantuan vitamin K (perubahan protrombin yang belum aktif menjadi trombin yang aktif dipercepat oleh ion kalsium (Ca).

Ranvier :Lapis mielin pada jarak–jarak yang cukup teratur terputus oleh

kontraksi-kontraksi.

Rasa reseptor :Rasa organ atau sel yang menerima rangsangan dari dalam dan di luar tubuh .

Refleks :Sebuah respon otomatis yang cepat terhadap rangsangan .

Ren soleiformait :Ginjal yang mengalami fusi.

Respon :Reaksi terhadap rangsangan.

Reseptor :Satu atau sekelompok sel syaraf dan sel lainnya yang berfungsi

mengenali rangsangan tertentu yang berasal dari luar atau dari dalam tubuh.

Retroperitoneal :Terletak di luar rongga peritoneal

Saraf :Sebuah bundel akson .

Sel darah putih :Melindungi tubuh dari mikroba asing dan racun.

Sekresi :Pengeluaran hasil kelenjar atau sel secara aktif.

Selubung mielin :Selubung bagian dalam yang langsung melapisi, berfungsi untuk

melindungi dan memberi nutrisi pada akson.

Serambi :Dua ruang jantung bagian atas.

Serambi kanan :Ruang terletak pada jantung bagian kanan atas sebagai bilik penyimpanan sementara sehingga darah dapat tersedia untuk ventrikel kanan.

Serambi kiri :Menerima darah kaya oksigen dari paru-paru melalui vena paru-

paru dan berfungsi sebagai ruang penyimpanan darah yang siap

dialirkan ke ventrikel kiri.

Serebrum :Otak besar terdiri atas dua hemisfer serebrum yang terhubung

oleh berkas serat saraf.

Serum :Cairan bening yang terpisah dari darah yang dibekukan tanpa

anti koagulan.

Sinaps :Pertautan antara akson suatu neuron dan dendrit lainnya.

Sinapsis :(Katup sinapsis) celah yang memisahkan neuron dari sel otot atau

neuron lainnya.

Sistol :Peristiwa kontraksi dari serambi atau ventrikel jantung.

Sistem perkemihan :Membantu mempertahankan komeostasis dengan cara mengatur keseimbangan air dan mengeluarkan zat-zat yang merugikan dari darah.

Sistem saraf :Terdiri atas dua bagian :sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

Sistem saraf otonom :Mengatur kegiatan organ,kelenjar,dan berbagai otot tak sadar.

Sistem saraf parasimpatetik:Mengaktifkan fungsi-fungsi aman ,seperti merangsang sekresi liur atau enzim pencernaanke dalam lambung.

Sistem saraf pusat :Terdiri atas otak dan susmsum tulang belakang.

Sistem saraf simpatetik:Berkaitan dengan perangsangan kegiatan yang mempersiapkan tubuh untuk melakukan aksi,misalnya meningkatkan denyut jantung.

Sistem saraf somatik :Mengatur kontraksi otot-otot rangka.

Sistem saraf tepi :Terdiri atas saraf-saraf yang berada di luar sistem saraf pusat.

Sinister :Sebelah kiri.

Sistem Imun :Sistem pertahanan mamalia sebagai perlindungan terhadap infeksi dari makromolekul asing atau serangan organisme, termasuk virus, bakteri, protozoa dan parasit.

Sumsum tulang belakang:Perpanjangan batang otak yang berfungsi untuk mengangkut impuls saraf dan refleks tulang belakang.

Syaraf impuls :Sinyal berkecepatan tinggi yang melewati sepanjang akson sel syaraf .

Synapse :Hubungan antara neuron yang berdekatan .

Tubulus :Beberapa variasi struktur menyerupai tabung kecil.

Uretra :Saluran yang membawa urine dari kandung kemih ke luar tubuh.

Uremia :Suatu kondisi beracun dimana darah mengandung zat-zat sisa urine seperti urea

Urine :Cairan sisa metabolisme yang dikeluarkan melalui ginjal yang mengandung amonia dan garam-garam terumama garam dapur.

Urogenitalia :Organ yang berkaitan dengan saluran reproduksi dan saluran kencing.

Vaksin :Suspensi mikroorganisme antigen yang permukaan atau toksinnya sudah dilemahkan atau dimatikan.

Vena :Pembuluh darah yang arah alirannya menuju jantung.

Venule :Merupakan pembuluh balik yang berhubungan dengan kapiler.

Vena cava :Merupakan pembuluh balik besar yang langsung berhubungan dengan jantung.

Vena porta :Vena yang keluar dari organ-organ ekskresi.

Vena Pulmonalis :Vena yang keluar dari paru-paru.

Ventrikel/Bilik Jantung;Bagian jantung yang memompa darah.

Ventrikel kanan :Ruang pemompa di jantung bagi sirkulasi paru-paru.

Ventrikel kiri :Bilik pemompa jantung untuk sirkulasi sistemik.

Vesikula :Kantong-kantong kecil dan bulat yang keluar dari ujung aparat Golgi.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku Teks Bahan Ajar Siswa SMK memberikan pemahaman secara lengkap dan mendalam bagi siswa tentang anatomi tubuh hewan yang berkaitan langsung dalam penanganan kesehatan hewan. Buku ini berisi materi yang mendukung keterampilan,untuk kebutuhan dunia usaha dan industri yang berkaitan dengan minat yang dikuasai.

Buku ini disusun untuk membangkitkan peserta didik bertindak lebih jujur, obyektif, ulet, kritis, percaya diri serta berani mencoba mengaplikasikan ilmu dalam kehidupan sehari-hari baik di sekolah maupun dimasyarakat yang bergerak dibidang peternakan. Materi di dalam buku ini berisi tentang anatomi peredaran darah, anatomi perkemihan, anatomisyaraf, anatomi pertahanan tubuh ruminansia dan non ruminansia. Selain itu buku ini disusun dengan maksud agar dapat menumbuhkan jiwa kewirausahaan dan etos kerja, sehingga peserta didik terbiasa bekerja sama dengan orang lain dalam mewujudkan visi yang sama.

Materi dalam buku ini tersusun secara sistematis dengan memperhatikan tampilan peta/bagan, letak naskah, gambar dan ilustrasi untuk mempermudah memahami isi yang dimaksud. Kemampuan berpikir, dan bertindak analisis dalam kegiatan belajar amat dibutuhkan untuk mengimplementasikan isi buku ini . Dalam mempelajari buku teks ini ada beberapa tahapan yang dapat ditempuh yaitu diawali dari proses mengamati, menganalisa, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasikan serta mencoba mengkomunikasikan dalam bentuk lisan, tulisan, diagram, bagan, atau media lainnya dengan konsep dan model pendekatan scientific discovery learning, problem based dan inquiry learning. Belajar disertai praktik dibawah pengawasan langsung seorang fasilitator menjadi cara yang tepat dan mudah dalam meningkatkan pemahamam isi dari buku teks tersebut.

B. Prasyarat

Untuk mempermudah mempelajari dan memahami isi buku teks ini, peserta didik diharapkan mampu membaca dengan cermat dan mempunyai motivasi yang tinggi untuk mendapatkan pengetahuan, yang diawali dengan penguasaan pengetahuan dasar seperti:

1. Memahami pengertian yang tertuang dalam glosarium.
2. Tidak pernah bosan untuk terus membaca , menambah pengetahuan baru dan mengulangi serta melatih secara kontinyu, pemahaman pengetahuan dan ketrampilan yang telah dikuasai.
3. Menyampaikan secara tertulis maupun lisan kepada siswa lain untuk mempertajam ingatan dan ketrampilan terhadap materi yang telah dipahami.
4. Berlatih memecahkan permasalahan dengan berbagai bentuk permasalahan secara berkesinambungan.

C. Petunjuk Penggunaan

Sebelum mempelajari buku teks ini, peserta didik dan pendidik perlu memperhatikan dan mengikuti petunjuk agar kegiatan belajar mengajar dapat berjalan sesuai dengan jadwal dan tujuan pembelajaran. Adapun petunjuk yang bisa diikuti adalah sebagai berikut:

1. Bagi peserta didik

   a) Mempersiapkan buku teks, alat tulis yang diperlukan sebelum memulai kegiatan belajar sesuai jadwal yang berlaku.

b) Belajarlah secara bertahap dan berurutan mulai tahapan pertama, kedua, ketiga dan seterusnya.

c) Pelajari buku teks ini dengan teliti dan sitematis dari awal sampai pada bagian akhir yaitu tes formatif agar mendapatkan pemahaman materi yang lengkap.

d) Setiap siswa melengkapi pengetahuan dari sumber lain yang sesuai, dan melatih keterampilan untuk memperdalam penguasaan materi secara lebih terpadu dan mengasosiasikan dengan keadaan yang ada di lapangan.

e) Penggunaan bahan peraga seperti gambar atau poster, preparat organ utuh dan animasi ataupun alat demonstrasi yang relevan, akan memudahkan pemahaman terhadap buku teks ini.

f) Bila telah selesai mempelajari materi dalam buku teks ini, buatlah resume, menjawab latihan soal, serta mendiskusikan jawaban latihan soal anda bersama teman didampingi oleh pendidik.

g) Belajar menyampaikan pemahaman materi yang sudah didapat kepada peserta didik yang lain dalam bentuk presentasi secara mandiri maupun berkelompok.

h) Bila sudah menguasai materi yang sedang anda pelajari, silahkan melangkah kapada materi berikutnya.

i) Apabila ada hal-hal yang kurang dimengerti, diskusikan dengan siswa lain yang dipandu oleh pendidik.

2. Bagi Pendidik

a) Membantu peserta didik dalam merencanakan dan mempersiapkan proses pembelajaran.

b) Ikut mengontrol, membantu dan mengarahkan peserta didik selama proses pembelajaran.

c) Membimbing peserta didik dalam melaksanakan tugas–tugas yang ada dalam tahapan belajar.

d) Membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep dan praktik kerja, dalamproses pembelajaran.

e) Membantu peserta didik dalam menentukan dan mengakses bahan tambahan yang relevan dalam belajar.

f) Mengarahkan kegiatan berkelompok dalam bentuk pendampingan.

g) Mendatangkan seorang ahli/fasilitator eksternal dari DU/DI untuk menambah pengetahuan dasar sesuai materi yang diajarkan.

h) Merencanakan proses penilaian dan perlengkapan yang diperlukan.

i) Melaksanakan proses penilaian.

j) Menjelaskan kepada peserta didik tentang sikap, pengetahuan dan keterampilan dari suatu kompetensi yang perlu untuk diperbaiki serta merundingkan rencana pembelajaran berikutnya.

k) Mencatat pencapaian kemajuan peserta didik.

l) Mengadakan remedial atau pemberian tugas bagi peserta didik yang belum kompeten.

D. Tujuan Akhir

Tujuan akhir setelah mempelajari buku teks ini adalah:

a) Pencapaian kompetensi bagi peserta didik, dalam mempersiapkan diri menghadapi UH, UTS, UAS, UJIKOM dan UN.

b) Mempunyai ketrampilan kerja yang dibutuhkan bagi DU/DI.

c) Siswa mampu menampilkan sikap disiplin, bertanggung jawab, kreatif dan berperan serta dalam kemajuan DU/DI tempat para peserta didik menerapkan ilmu.

d) Peserta didik mempunyai kinerja yang diharapkan dari segi pengetahuan, sikap dan ketrampilan dalam mempersiapkan diri menuju pendidikan lebih tinggi atau memasuki dunia kerja.

e) Peserta didik berhasil dalam menguasai kompetensi dilihat dari kuantitas berupa pencapaian nilai sesuai KKM dan secara kualitas dari segi sikap, pengetahuan dan ketrampilan.

f) Peserta didik belajar menghargai prestasi diri dan hasil karya dalam aspek kehidupan berbangsa.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Kompetensi Inti:

1. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahu tentang ilmu pengetahuan teknologi, seni budaya dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraandan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian serta menerapkan ilmu pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minat dalam memecahkan masalah.

2. Mengolah, menalar dan menyaji dalam ranah kongkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan diri yang dipelajari secara mandiri di sekolah dan mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

Kompetensi Dasar:

1. Menerapkan pengetahuan anatomi peredaran darah (sirkulasi).
2. Menalar anatomi peredaran darah(sirkulasi)
3. Menerapkan pengetahuan anatomi perkemihan
4. Menalar anatomi perkemihan
5. Menerapkan pengetahuan jaringan syaraf hewan
6. Menalar jaringan syaraf hewan
7. Menerapkan pengetahuan anatomi pertahanan tubuh ternak
8. Menalar anatomi pertahanan tubuh ternak.

F. Cek Kemampuan Awal

1. Sebutkan bagian-bagian sistem peredaran darah pada hewan!
2. Bagaimana pendapatmu tentang perbedaan anatomi peredaran darah ruminansia dengan nonruminansia?
3. Sebutkan bagian-bagian dari sistem perkemihan pada hewan!
4. Sebutkan proses yang terjadi di dalam ginjal!
5. Apa fungsi utama dari sistem syaraf?
6. Sebutkan perbedaan antara sistem syaraf pusat dan syaraf tepi!

7. Sebutkan organ yang termasuk kedalam sistem imunitas!
8. Apakah yang anda ketahui tentang fungsi organ imunitas bagi tubuh hewan?

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1 : Peredaran Darah

A. Deskripsi

Sistem Sirkulasi pada Hewan

Untuk menghasilkan energi secara aerob, maka oksigen harus dikirim ke otot dengan cepat dan efisien melalui darah yang dipompakan oleh jantung melalui arteri, kemudian kapiler darah kecil akan mensuplai ke serat-serat otot. Kondisi homeostasis internal dipertahankan di dalam tubuh hewan oleh adanya sirkulasi darah. Darah disebut sebagai 'pusat kehidupan' karena keberadaannya sebagai cairan penting yang menyebar di dalam jaringan tubuh untuk mendukung kehidupan yang tak tergantikan. Semua vertebrata mempunyai system transportasi darah tertutup. Kontraksi oto-otot jantung yang kuat diperlukan untuk mengalirkan darah melalui kapiler. Darah dari jantung dialirkan ke kapiler-kapiler melalui pembuluh-pembuluh yang disebut arteri dan kembali dari kapiler ke jantung melalui vena.

Pembuluh nadi utama (trunkus arteriosus) yang keluar dari ventrikel bercabang menjadi dua aorta, tiap aorta membelok kekiri dan kekanan. Pada tiap pangkal, arteri-arteri bercabang sebagai berikut:

1. Arteri karotis yang mengalirkan darah ke kepala.
2. Arteri pulmo kutaneus yang bercabang dua, cabang yang menuju paru-paru disebut arteri pulmonalis dan yang menuju ke kulit disebut arteri kutanea.

Sistem transportasi pada hewan lain seperti reptil, berbeda dengan system transportasi pada katak, kadal mempunyai jantung yang terdiri dari empat ruangan. Atrium kanan dan kiri yang pisahkan oleh sekat serambi. Sekat yang membatasi ventrikel (bilik) kanan dan kiri belum sempurna, sehingga

darah yang berasal dari kedua bilik jantung tersebut dapat tercampur. Derajat pemisahan ventrikel ini makin menuju ke kesempurnaan pada reptile bertingkat tinggi. Pada buaya, sekat bilik jantungnya hampir sempurna, dan hanya terdapat kedua hubungan ventrikel pada suatu lubang yang di sebut foramen panizzae. Adanya foramen ini memungkinkan distribusi oksigen kealat-alat pencernaan dan pemeliharaan keseimbangan tekanan cairan di dalam jantung pada waktu menyelam.

Fungsi utama sistem peredaran ialah mendistribusikan hasil metabolisme yaitu oksigen ke seluruh sel tubuh organisme serta mengumpulkan sisa buangan metabolisme untuk diekskresikan. Selain itu sistem peredaran darah berfungsi sebagai termoregulasi, distribusi hormon ke tempat sasaran dan sebagai sistem pertahanan tubuh.

Sistem peredaran darah pada vertebrata terdiri dari cairan tubuh berupa darah, alat transportasi darah berupa arteri dan vena, dan alat pemompa darah berupa jantung.

Seperti halnya sistem transportasi pada katak, reptil mempunyai dua aorta yang membelok ke kiri dan ke kanan. Dari kedua aorta ini bercabanglah arteri-arteri yang menuju ke daerah kepala dan tungkai depan dan arteri-arteri yang menuju ke organ-organ lain. Sistem vena pada reptil sama dengan sistem vena pada katak.

Sistem peredaran darah pada burung terdiri dari jantung dan pembuluh-pembuluh darah. Secara anatomi, jantung pada burung adalah besar dan berbentuk kerucut dan di bungkus oleh suatu selaput yang di sebut pericardium.

Jantung pada burung terbagi dalam 4 bagian, yaitu atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan dan ventrikel kiri. Atrium dan ventrikel dibatasi oleh sekat bilik serambi yang mempunyai klep. Atrium kiri dan atrium kanan dibatasi oleh sekat serambi, sedangkan sekat yang membatasi ventrikel kiri dan kanan disebut sekat bilik. Disini sudah ada pemisahan sempurna antara darah arteri dan darah vena. Pada burung, busur aorta di sebelah kiri sudah tidak ada, dan sistem portanya hanya terdiri dari sistem porta hepatikus.

Fungsi utama darah adalah:

1. Sebagai alat pengangkut sari-sari makanan dan oksigen keseluruh bagian tubuh, dan mengangkut hasil-hasil oksidasi yang tidak digunakan dari jaringan tubuh ke alat-alat ekskresi.

2. Menjaga agar temperatur tubuh, yaitu dengan memindahkan panas dari alat-alat tubuh yang aktif ke bagian lain yang tidak aktif.

3. Mengedarkan air ke seluruh bagian tubuh.

4. Mengedarkan getah-getah hormon.

5. Menghindarkan tubuh dari infeksi dengan kerja dari antibodi, sel darah putih dan sel darah pembeku.

6. Mengatur keseimbangan asam dan basa untuk menghindari kerusakan jaringan-jaringan tubuh.

Sistem sirkulasi pada hewan dibedakan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Sistem difusi yaitu terjadi pada avertebrata rendah seperti paramecium, amoeba maupun hydra belum mempunyai sistem sirkulasi berupa jantung dengan salurannya yang merupakan jalan untuk peredaran makanan. Makanan umumnya beredar keseluruh tubuh karena adanya aliran protoplasma.
2. Sistem peredaran darah terbuka yaitu jika dalam peredarannya darah tidak selalu berada didalam pembuluh, misalnya pada Arthropoda.
3. Sistem peredaran darah tertutup yaitu jika dalam peredarannya darah selalu berada di dalam pembuluh, misalnya pada Annelida, Mollusca dan Vertebrata.

Peredaran darah hewan ruminansia dan nonruminansia termasuk

peredaran darah tertutup, karena darah mengalir ke seluruh tubuh di dalam

pembuluh darah. Dalam sistem peredaran darah tertutup darah mengalir dari jantung ke pembuluh darah kapiler dan kembali ke jantung.

Peredaran darah pada ruminansia dan vertebrata lain pada umumnya terdiri dari peredaran darah kecil dan peredaran darah besar. Peredaran darah kecil melibatkan jantung, paru-paru dan kembali ke jantung sedangkan peredaran darah besar melibatkan jantung, seluruh tubuh kecuali paru-paru dan kembali ke jantung. Sistem peredaran darah vertebrata termasuk ruminansia dan non ruminansia terdiri atas jantung, darah dan pembuluh darah. Darah begitu banyak manfaatnya bagi tubuh hewan dan sebagai pusat peredarannya adalah jantung.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

   Setelah mempelajari bab ini peserta didik diharapkan:

   a. Memahami komposisi dan fungsi darah.

   b. Mengetahui secara rinci alat-alat peredaran darah.

   c. Menggambarkan sirkulasi pada jantung

   d. Mengetahui macam-macam pembuluh darah dan arah alirannya.

   e. Dapat menjelaskan peredaran darah pada tubuh hewan vertebrata baik ruminansia maupun non ruminansia.

   f. Kelainan dan gangguan pada sistem transportasi darah

2. Uraian Materi

a. Darah

Darah adalah cairan di dalam tubuh yang berwarna merah terdapat di dalam pembuluh darah. Warna merah pada darah dapat berubah karena pengaruh zat di dalamnya, terutama kadar oksigen dan karbon dioksida. Bila kadar oksigennya tinggi maka warna darah menjadi merah muda, tetapi bila kadar karbondioksidanya tinggi maka warna darah menjadi merah tua.

Berat jenis darah adalah 1,04 – 1,05. Tekanan osmosis bergantung pada konsentrasi protein plasma dan viskositas / kekentalan darah sebagai cairan suspensi. Derajat keasaman(pH) berkisar antara 7 – 7,8, mempunyai sistem buffer melalui ion CO_2, NH_3 dan H^+. Darah mengandung sekitar 80% air. Darah arteri kaya oksigen mempunyai warna merah darah, sedangkan darah vena miskin oksigen mempunyai warna merah gelap sampai cokelat. Pada manusia volume darah kira-kira 6 -7,5% atau 1/13 berat tubuh, mempunyai masa jenis 1,050 –

1,064 dengan pH dalam keadaan normal berkisar 7, 35 – 7, 45, sedikit berada di daerah yang basanya netral.

Kemampuan mempertahankan pH darah di dalam batas-batas relatif sempit karena adanya buffer kimia, terutama natrium bikarbonat. Buffer bereaksi dengan asam kuat atau basa kuat sehingga menghasilkan garam netral dan asam atau basa lemah.

b. Fungsi darah

1) Mengangkut sari makanan dan oksigen ke seluruh tubuh dan mengangkut sisa oksidasi ke alat pengeluaran.

2) Mengatur keseimbangan asam basa untuk menghindarkan kerusakan jaringan tubuh.

3) Mempertahankan tubuh dari infeksi kuman.

4) Menjaga stabilitas suhu tubuh dengan memindahkan panas dari alat tubuh yang aktif kebagian yang kurang aktif.

5) Mengedarkan hormon dari kelenjar endokrin ke organ-organ tertentu.

6) Berperan dalam menjaga keseimbangan air dalam tubuh.

7) Berperan dalam sistem buffer, seperti bikarbonat di dalam darah membantu mempertahankan pH yang konstan pada jaringan dan cairan tubuh.

8) Mengandung faktor-faktor penting untuk pertahanan tubuh terhadap penyakit.

c. Komposisi Darah

Darah terdiri atas sel darah dan plasma darah. Sel darah terdiri atas eritosit,

leukosit dan trombosit. Plasma merupakan cairan komponen penyusun darah yang memiliki komposisi yang sangat berbeda dengan cairan intrasel. Plasma mengandung sejumlah protein yang berguna untuk menghasilkan tekanan osmotik plasma. Protein plasma terdiri atas fibrinogen, globulin dan albumin. Fibrinogen berfungsi dalam pembekuan darah, globulin berfungsi dalam sistem kekebalan dan albumin bertanggung jawab dalam mempertahankan volume plasma darah.

d. Sel-sel darah

Sel-sel darah dibuat secara kontinyu oleh jaringan dan alat-alat tubuh. Pada waktu embiro dan bayi sel-sel darah dibuat oleh limfe dan hati. Jaringan eritoblas merupakan tempat pembuatan sel-sel darah merah, jaringan reticular tempat pembuatan sel-sel darah putih , dan megakariosit adalah tempat pembuat sel-sel darah pembeku. Bermacam sel darah putih yang lain dibuat di dalam kelenjar limfe.

1. Eritrosit (sel darah merah)

Ciri-ciri:

a. Tidak berinti

b. Mengandung hemoglobine (Hb) yaitu suatu protein yang mengandung senyawa hemin dan Fe. Hb berfungsi sebagai transport oksigen karena mempunyai daya ikat terhadap oksigen dan karbondioksida. Eritrosit berbentuk bikonkaf dengan lingkaran tepi tipis dan tebal di tengah, eritrosit kehilangan intinya sebelum masuk sirkulasi.

Setiap molekul hemoglobin mengandung empat rantai polipeptida dan setiap rantai terlipat dalam satu struktur berkeliling yang mengandung ferum bernama heme. Ferum inilah yang sebenarnya membentuk suatu kesatuan yang tidak ikut dengan oksigen. Kurang lebih terdapat280 juta molekul hemoglobin dalam setiap sel darah merah, maka setiap seldarah merah, berkemampuan membawa lebih dari satu milyar molekul oksigen.

Karbon monoksida yang keluar dari knalpot kendaraan, lebih mudah bergabung dengan hemoglobin dibanding dengan oksigen, ikatan tersebut terjadi selama beberapa jam, hal ini yang menyebabkan keracunan dan berakibat kematian, karena tidak adanya hemoglobin darah untuk pengangkutan oksigen.

Ciri pengikatan oksigen dengan hemoglobin dapat dikaji dengan melihat lengkung pemisahan oksihemoglobin. Lengkung tersebut menunjukkan persentase pengikatan oksigen hemoglobin yang membawa oksigen pada tekanan separuh oksigen (PO_2) yang berbeda. Tekanan separuh bagi sesuatu gas merupakan jumlah tekanan yang diwujudkan oleh gas tersebut diantara semua gas yang ada. Pada tekanan separuh O_2 di dalam paru-paru. Hemoglobin menjadi jenuh dengan O_2 tetapi pada tekanan separuh di dalam jaringan, hemoglobin dengan cepat mengeluarkan sebagian besar oksigennya.

Pemecahan ini juga di tingkatkan oleh pH asam dengan suhu jaringan yang lebih panas. Hemoglobin yang telah membebaskan oksigen dikenal sebagai Hemoglobin terturun.

Dalam jaringan, hemoglobin terturun bergabung dengan karbon dioksida untuk membentuk karbaminohemoglobin

$Hb+CO_2$ menjadi $HbCO_2$

Sebagian besar karbon dioksida diangkut sebagai ion bikarbonat (HCO3).

CO_2+H_2 menjadi H_2CO_3 menjadi $H_4+H\ CO_3$

Karbondioksida bergabung dengan air untuk membentuk asam karbonik, asam karbonik tersebut terurai menjadi suatu ion menjadi suatu ion hydrogen dan ion bikarbonat.

Sejenis enzim didalam sel, yaitu karbonit anhidrase mempercepat reaksi tersebut. Ion hydrogen yang dibebaskan ini dapat mengubah pH darah secara cepat, diserap oleh bagian globin hemoglobin, dan ion bikarbonat meresap keluar dari sel darah merah untuk dibawa ke dalam plasma. Hemoglobin terturun yang dapat bergabung dengan suatu ion hydrogen dapat dituliskan sebagai HHb. HHb

tersebut memainkan peranan yang sangat penting untuk memelihara pH darah.

Apabila darah memasuki kapiler paru-paru, sebagian besar karbondioksidanya ada dalam plasma sebagai ion bikarbonat, sedikit karbon dioksida bebas yang masih terdapat mulai meresap keluar, dan reaksi yang berikutnya mengarah ke kanan.

H^+HCO^3 menjadi H_2CO_3 menjadi H_2O+CO_2

Karbonik anhidrase yang mempercepat reaksi. Sewaktu reaksi tersebut hemoglobin membebaskan ion hydrogen yang dibawa, dan HHb manjadi Hb.

Jenis – jenis hemoglobin

Sel otot memiliki suatu pigmen mengikat oksigen yang dinamakan mioglobin. Yang mempunyai kecenderungan mengikat oksigen sehingga PO_2 turun sampai kadar yang sangat rendah. Mioglobin menyediakan sumber persediaan oksigen yang sangat banyak bagi sel otot apabila berkontraksi dan menjalankan metabolisne dengan cepat.

Hemoglobin fetus mempunyai keafinan yang lebih tinggi untuk oksigen dibandingkan hemoglobin orang dewasa pada kadar PO_2 yang terdapat didalam plasenta. Hal tersebut memudah kan pemindahan oksigen dari darah ibu ke darah fetus. Setelah kelahiran, hemoglobin fetus digantikan secara berangsur – angsur dengan hemoglobin jenis dewasa.

Eritropoiesis adalah pembentukan sel darah merah, terjadi di sumsum tulang merah. Pada fetus, eritrosit dibentuk juga di dalam hati dan limfa. Eritropoiesis merupakan suatu proses yang kontinyu dan sebanding dengan tingkat kerusakan sel darah merah.

Eritropoiesis diatur oleh mekanisme umpan balik dimana prosesnya dihambat oleh peningkatan level sel darah merah yang bersirkulasi dan dirangsang oleh terjadinya anemia. Bila ternak dipindahkan dari dataran rendah ke dataran tinggi yang kekurangan oksigen, maka akan tejadi peningkatan jumlah sel darah merah. Eritropoiesis dikontrol juga oleh hormon yang disebut "Erithro-poitin" yang disekresikan oleh ginjal.

Jumlah eritrosit yang dilepas dari tempat pembuatannya kurang lebih ada 10 juta sel setiap detik, dan sebanyak itu pula yang rata-rata harus dirombak lagi. Eritrosit yang telah tua menjadi rusak dan tidak lagi berinti dibinasakan di dalam hati. Ada sel-sel khusus yang "menangkap" atau merombak eritrosit tua tersebut yang disebut histiosit. Hemoglobin dari sel-sel darah merah diuraikan (dipecah) menjadi hemin + Fe + Globulin. Zat besi diambil dan disimpan dalam hati, yang kemudian dikembalikan ke sumsum tulang. Globin digunakan lagi, baik untuk metabolisme protein maupun untuk pembentukan hemoglobin baru. Hemin diubah menjadi zat warna empedu (bilirubin dan biliverdin), kemudian dikeluarkan ke usus dan seterusnya keluar tubuh bersama feses. Bilirubin yang berwarna hijau-biru ini selanjutnya dioksidasi lagi menjadi urobilin yang berwarna kuning-coklat. Warna inilah yang umumnya memberi warna pada feses dan urine.

Bila pembuluh empedu tersumbat oleh batu empedu, empedu tidak dapat masuk ke dalam usus, melainkan masuk ke dalam darah sehingga warna darah menjadi kekuning-kuningan. Sebaliknya warna feses menjadi coklat-abu-bu. Penyumbatan tersebut umumnya disebabkan oleh kolesterol yang mengendap dan membentuk batu empedu.

Kerusakan eritrosit terjadi setelah tiga sampai empat bulan dalam sirkulasi darah. Sel-sel diintegrasikan dan dipindah dari sirkulasi sistem retikuloendotelium yang mengandung sel-sel khusus dalam

hati. Kerusakan sel darah merah adalah pigmen bilirubin dan biverdin yang disekresikan oleh kelenjar hati ke empedu. Besi bebas digunakan untuk meresintesis hemoglobulin.

Haemoglobin adalah molekul protein dengan berat sekitar 65. 000 Molekul terdiri atas 4 sub-unit, setiap sub unit mengandung besi dalam bentuk gugus hemo yang berkonjugasi untuk membawa oksigen, hemoglobin dalam eritrosit berfungsi membawa oksigen dan warna seldarah merah. Dengan adanya hemoglobin, darah dapat membawa oksigen yang berasal dari udara 60 kali lebih banyak bila dibandingkan dengan oksigen yang berasal dari air pada kondisi yang sama. Hemoglobin mengabsorbsi oksigen dalam darah melalui paru-paru, membentuk suatu ikatan longgar yang disebut oksihemoglobin dimana senyawa ini siap memberikan oksigen ke jaringan. Satu molekul hemoglobin akan mengikat 4 molekul oksigen. Proses ini disebut oksigenisasi, bukan oksidasi yang sebenarnya.

Oksigenasi memerlukan besi dalam bentuk *ferro* di dalam molekul hemoglobin. Oksigen yang terikat jumlahnya proporsional terhadap jumlah besinya, dengan dua atom oksigen bergabung dengan tiap atom besi. Setiap gram hemoglobin akan mengangkut sekitar 1,34 ml oksigen. Bila darah mencapai jaringan kekurangan oksigen, ikatan oksigen terlepas dari oksihemoglobin dan siap memberikan oksigen ke jaringan.

Besi diserap dari makanan melalui sel-sel epitel mukosa duodenal setelah makanan itu meninggalkan perut. Kemudian zat besi masuk ke kapiler darah di dalam mukosa, dimana transferin b-globulin bergabung dengan membawa zat besi. Sebagian besar zat besi menuju ke sumsum tulang sehingga menjadi molekul heme untuk membentuk eritrosit. Sebagian kecil juga juga digunakan untuk membentuk mioglobin di dalam otot. Sekitar 25%, zat besi tersebut bergabung dengan apoferitin di dalam sel-sel jaringan sehingga

membentuk feritin yang merupakan cadangan sementara dari zat besi di dalam hati dan limfa.

Methemoglobin adalah produk oksidasi dari hemoglobin. Methemoglobin ini tidak mampu membawa oksigen karena besi dalam methemoglobin membentuk ion ferri (Fe^{+++}) yang afinitas terhadap oksigen rendah dibandingkan dengan ferro (Fe^{++}) pada hemoglobin. Pembentukan methemoglobin pada sapi mungkin hasil dari keracunan nitrat pada sapi yang merumput di padang rumput yang baru dipupuk.

Karboksi hemoglobin adalah senyawa stabil yang dibentuk ketika karbon monoksida bergabung dengan hemoglobin. Hal ini disebabkan afinitas hemoglobin untuk karbondioksida sekitar 250 kali dibanding untuk oksigen dan kandungan karbondioksida 0, 1% di udara merupakan konsentrasi yang membahayakan ternak. Myoglobin merupakan suatu pigmen pengikat oksigen yang terdapatdalam otot merah (otot lambat) dan dalam enzim pernafasan. Myoglobin menyerupai hemoglobin, tetapi mengikat satu molekul O2 tidak 4 molekul O2.

Kekurangan eritrosit, Hb dan Fe akan mengakibatkan anemia.

2. Leukosit (sel darah putih)

Jenis sel darah putih bermacam-macam. Pada umumnya ukuran sel-sel darah putih lebih besar dari pada sel darah merah. Sel darah putih berbentuk amuboit, dan berinti sel yang bulat atau cekung. Sel darah putih di buat dalam sumsum tulangmerah, limfe, kelenjar limfe, dan jaringan retikuloendotelium.

Tugas utama sel darah putih adalah untuk ”memakan” kuman penyakit dan benda-benda asing lain yang ada di dalam tubuh. Oleh karena itu sel-sel darah putih juga sering disebut sel fagosit. Kadang-

kadang juga berfungsi sebagai alat pengangkut zat lemak, sehingga sel darah putih lebih banyak terdapat dalam pembuluh kil dan pembuluh limfe.

Sel darah putih mampu bergerak bebas. Jumlah leukosit lebih sedikit dibanding kan dengan jumlah eritrosit yaitu 5. 000-9. 000/mm3. Leukosit diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan ada atau tidaknya granula di dalam sitoplasma yaitu granulosit dan agranulosit. Granulosit terdiri atas netrofil, basofil dan eosinofil, sedangkan agranulosit terdiri atas limfosit dan monosit.

Secara garis besar perbedaan sel darah putih dengan sel darah merah adalah leukosit yang selalu mempunyai inti.

Ciri-ciri:

a). Berfungsi mempertahankan tubuh dari serangan penyakit dengan cara memakan penyakit tersebut. Itulah sebabnya leukosit disebut juga sel fagosit.

a) Jumlah leukosit sangat sedikit dibandingkan dengan eritrosit.
b) Bentuknya bervariasi dan mempunyai inti sel bulat ataupun cekung.
c) Geraknya seperti amoeba dan dapat menembus dinding kapiler.
d) Plasma leukosit mengandung butiran-butiran (granula)

Pembagian Leukosit

Berdasarkan ada atau tidaknya granula di dalam plasma, leukosit diklasifikasikanmenjadi :

a). Granulosit (leukosit bergranula)

1) Neutrofil: plasmanya bersifat netral, inti selnya sering kali berjumlah banyak dengan bentuk bermacam-macam,

bersifat fagositosis terhadap eritrosit, kuman dan jaringan mati.

2) Eosinofil: plasmanya bersifat asam sehingga akan berwarna merah tua bila ditetes dengan pewarna eosin, bersifat fagosit dan jumlahnya akan meningkat jika tubuh terkena infeksi.

3) Basofil: plasmanya bersifat basa sehingga akan berwarna biru jika ditetes dengan larutan basa, jumlahnya bertambah banyak jika terjadi infeksi, bersifat fagosit, mengandung heparin yaitu zat kimia anti penggumpalan.

b). Agranulosit (leukosit tidak bergranula)

1) Limfosit: tidak dapat bergerak, berinti satu, ukuran bervariasi dan berfungsi untuk membentuk antibodi.

2) Monosit: dapat bergerak seperti amoeba, mempunyai inti yang bulat atau panjang, diproduksi pada jaringan limfa dan bersifat fagosit.

3) Trombosit (keping-keping darah)

Ciri-ciri :

- Sering disebut sel darah pembeku karena berfungsi dalam proses pembekuan darah.
- Berukuran lebih kecil dari pada eritrosit maupun leukosit dan tidak berinti.
- Dibentuk pada sel megakariosit sumsum tulang.

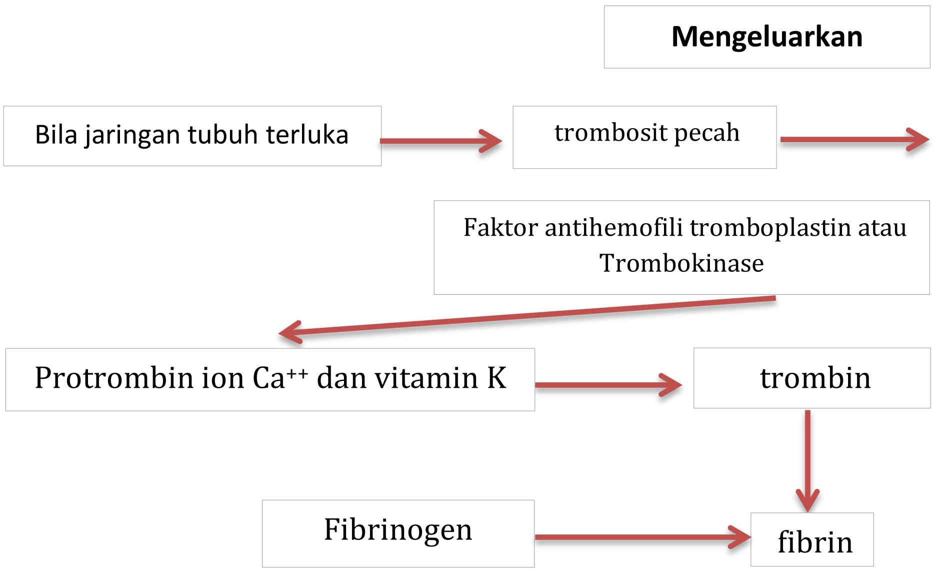
e. Sel pembeku darah

Sel pembeku darah atau trombosit berperan penting dalam proses pembekuan darah. Berukuran kecil, berbentuk tidak teratur dan

sering disebut sel pembeku darah. Pada umumnya setiap mm3 darah padaorang dewasa mengandung sejumlah 200. 000-400. 000 butir trombosit.

Trombosit tidak berinti dan di bentuk didalam sumsum tulang. Pada penderita hemofili, yaitu penyakit dengan jumlah trombosit yang sedikit menyebabkan darah sulit membeku, sehingga pada kejadian trauma atau luka darah akan terus mengalir. Pembekuan darah itu sendiri merupakan rangkaian proses yang terjadi pada jaringan tubuh, plasma darah dan trombosit.

Pembentukan sel-sel darah terjadi secara kontinyu oleh Jaringan dan alat-alat tubuh dan berbeda pada waktu masih embiro dan sudah dewasa. Pada saat embrio dan bayi pembentukan sel-sel darah terjadi pada jaringan limfe dan hati. Eritoblas adalah tempat pembentukan sel-sel darah merah. Jaringan reticular adalah tempat pembentukan sel-sel darah putih dan mega kariosit adalah tempat pembentukan sel-sel pembeku darah. Beberapa macam sel darah putih yang lain dibuat di dalam kelenjar limfe.



Gambar 1. Proses pembekuan darah

Jika terjadi luka, trombosit akan pecah mengeluarkan trombokinase atau tromboplastin. Trombokinase akan mengubah protrombin menjadi trombin. Trombin mengubah fibrinogen menjadi fibrin yang berbentuk gumpalan sehingga darah membeku.

Protrombin adalah senyawa globulin yang larut dan dihasilkan di hati dengan bantuan vitamin K (perubahan protrombin yang belum aktif menjadi trombin yang aktif dipercepat oleh ion kalsium (Ca). Fibrinogen adalah protein yang larut dalam plasma darah.

f. Plasma darah (cairan darah)

Cairan darah(plasma darah) terdiri dari air dan berbagai macam zat anorganik dan organik yang terlarut dalamnya lebih kurang sejumlah 7-10%. Karena sifatnya sebagai pelarut bahan-bahan tersebut, maka cairan darah berperan dalam transportasi zat-zat dalam tubuh.

Senyawa atau zat-zat kimia yang larut dalam cairan darah antara lain:

1) Sari makanan dan mineral yang terlarut dalam darah, misalnya glukosa, asam lemak, gliserin, kolesterol, asam amino, sari makanan dan garam-garam mineral.
2) Enzim, hormone dan antibody, sebagai zat-zat hasil produksi sel-sel.
3) Protein yang terlarut dalam darah, misalnya globulin, albumin dan fibrinogen.
4) Urea dan asam urat, sebagai zat-zat sisa dari hasil metabolisme.
5) O_2, CO_2 dan N_2 sebagai gas-gas utama yang terlarut dalam plasma.

Protein yang larut dalam darah disebut protein darah, terdiri atas albumin, globulin dan fibrinogen. Molekul-molekul ini cukup besar

sehingga tidak dapat menembus dinding kapiler. Albumin mempunyai pengaruh besar dalam tekanan osmosis darah. Fibrinogen diperlukan dalam proses pengumpulan darah.

Bila protein asing yang tidak sesuai masuk kedalam tubuh, maka tubuh berusaha

untuk mengeluarkan atau membinasakanya. Hal ini perlu diperhatikan dalam peristiwa transfusi darah. Transfuse darah di perlukan bila kekurangan darah dari volume normal darah. Kekurangan darah dapat disebabkan oleh penyakit atau dapat juga karena luka, baik luka kecelakaan maupun luka yang disengaja (operasi), maka agar fungsi transportasi tidak terganggu, diperlukan penambahan darah atau transfuse darah. Meskipun semua darah tampaknya sama, tetapi kandungan proteinnya sangat berlainan. Protein asing itu disebut antigen, yaitu penyebab timbulnya zat penolak yang disebut zat anti atau antibodi.

Ada beberapa zat yang terlarut di dalam plasma darah antara lain:

1) Protein plasma, terdiri atas albumin, globulin dan fibrinogen. Albumin berfungsi untuk menjaga volume dan tekanan darah. Globulin berfungsi untuk melawan bibit penyakit (sehingga sering disebut immunoglobulin). Ketiga protein tersebut dihasilkan oleh hati dengan konsentrasi 8%Garam mineral, plasma dan gas yang terdiri dari Oksigen dan Karbondioksida.
   Konsentrasi garam kurang dari 1%. Garam ini diserap dari usus dan berfungsi untuk menjaga tekanan osmotik dan pH darah. Adapun gas diserap dari jaringan paru-paru. Oksigen berfungsi untuk pernafasan sel dan karbondioksida merupakan sisa metabolisme.
2) Zat-zat makanan terdiri atas lemak, glukosa dan asam amino sebagai makanan sel. Zat makanan ini diserap dari usus.

3) Sampah nitrogen hasil metabolisme terdiri atas urea dan asam urat .
4) Sampah-sampah ini diekskresikan ke ginjal.
5) Zat-zat lain seperti hormon, vitamin, dan enzim yang berfungsi untuk membantu metabolisme.

Cairan darah(Plasma darah) terdiri dari air dan larutan berbagai macam zat anorganik dan organik yang terlarut dalamnya lebih kurang sejumlah 7-10%.

Karena sifatnya sebagai pelarut bahan-bahan tersebut itulah, maka cairan darah berperan dalam transportasi zat-zat dalam tubuh.

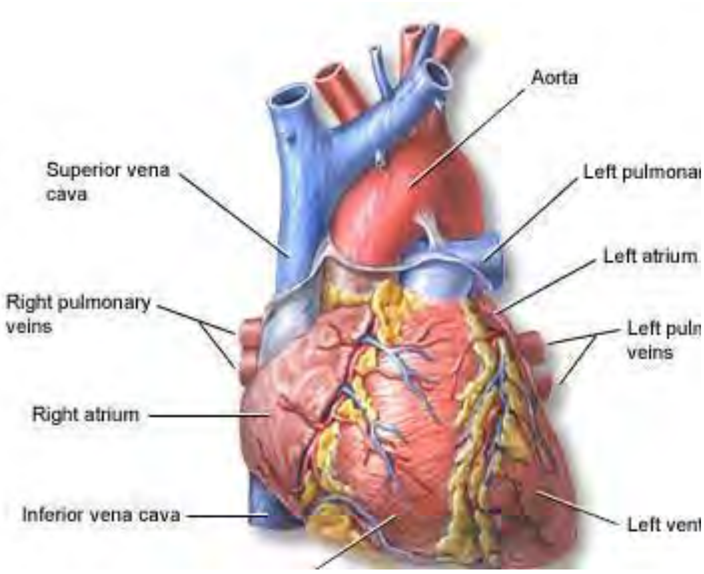
Senyawa atau zat-zat kimia yang larut dalam cairan darah antara lain:

1) Sari makanan dan mineral yang terlarut dalam darah, misalnya glukosa, asam lemak, gliserin, kolesterol, dan asam amino, sari makanan dan garam-garam mineral.
2) Enzim, hormone dan antibodi sebagai zat-zat hasil produksi sel-sel.
3) Protein yang terlarut dalam darah, misalnya globulin, albumin dan fibrinogen.
4) Urea dan asam urat sebagai zat-zat sisa dari hasil metabolisme.
5) O_2, CO_2dan N_2 sebagai gas-gas utama yang terlarut dalam plasma.

g. Alat Peredaran Darah

Alat peredaran darah terdiri dari jantung dan pembuluh darah.

Jantung



Gambar 2. jantung vertebrata

Jantung vertebrata adalah jantung berruang . Keragaman jantung pada vertebrata terletak pada beberapa hal antara lain lokasinya dalam tubuh, jumlah kamarnya dan adanya klep dan sekat diantara ruang.

Jantung merupakan pompa berotot, yang berfungsi sebagai alat pemompa darah. Jantung terdiri dari otot jantung (miokardium) yang bagian luarnya dilapisi oleh selaput jantung(perikardium) yang tediri dari dua lapisan. Diantara kedua lapisan tersebut terdapat cairan getah bening yang berfungsi untuk menahan gesekan. Bagian dalam jantung dilapisi oleh endokardium. Otot jantung mendapatkan zat-zat makanan dan oksigen dari darah melalui arteri koroner. Peristiwa penyumbatan dari arteri koroner disebut koronariasis. Jantung terdiri atas 4 ruangan , yaitu 2 atrium (serambi) dan 2 ventrikel (bilik).

1) Atrium

Atrium merupakan ruangan jantung tempat masuknya darah dari pembuluh balik (vena), antara atrium kanan dan atrium kiri terdapat katup valvula bikuspidalis.

2) Ventrikel .

Ventrikel mempunyai otot lebih tebal dari pada atrium, hal ini disebabkan ventrikel berfungsi memompakan darah keluar jantung, bagian ventrikel kiri lebih tebal dari pada ventrikel kanan, antara ventrikel kanan dan kiri terdapat katup trikuspidalis. Beberapa aktivitas jantung diantaranya :

a) Aktivitas jantung terdiri dari sistole dan diastole, antara keduanya terdapat periode istirahat yang sangat singkat.
b) Aktivitas jantung dimotori oleh adanya sistem konduktorium yang melakukan koordinasi antara sistole serambi jantung dan sistole bilik jantung.

   Sistem konduktorium terdiri dari :

   - Nodus sinuatrialis
   - Nodus atrioventricularis
   - Fasikulus atrioventricularis
   - Crus dextrum (kanan) dan crus sinistrum (kiri).

Jantung memiliki automasi. Basis aktivitas jantung ialah aktivitas otot-otot penyusun miokardium yang tingkat kekuatan kontraksinya tergantung pada pasokan Ca^{++} dari luar.
Peristiwa listrik yang melandasi aktivitas jantung dapat direkam hasilnya berupa elektrokardiograf (EKG). Rekaman itu memuat puncak-puncak kurva yang dinamakan P, Q, R, S dan T. Puncak Q dan S kedudukannya terbalik. Puncak P timbul karena kontraksi miokardium serambi jantung dan komplek Q, R, S dan T timbul karena kontraksi miokardium bilik jantung. Aktivitas listrik dan mekanik Bilik jantung diringkas sebagai berikut:

SISTOLE

[1] Fase perubahan bentuk (puncak Q): kontraksi isotonik, valvula mitralis terbuka, valvula semilunaris tertutup.

[2] Fase peningkatan desakan (puncak R): kontraksi isometris, v. Mitralis dan v. semilunaris tertutup.

[3] Fase pendorongan (puncak S): kontraksi auksotonik, v. Mitralis tertutup, v.semilunaris terbuka.

DIASTOLE

[1] Fase peregangan (puncak T): peregangan isometrik, V. mitralis dan v. semilunaris tertutup.

[2] Fase pengisian: peregangan auksotonik, V. mitralis terbuka, v. semilunaris tertutup.

Sistole bilik kiri mendorong darah ke dalam aorta. Sebagian darah ini mendorong darah yang sudah ada di dalam aorta dan yang lain mendesak dinding aorta. OIeh karena dinding aorta bersifat kenyal, oleh desakan ini aorta akan mengembang.

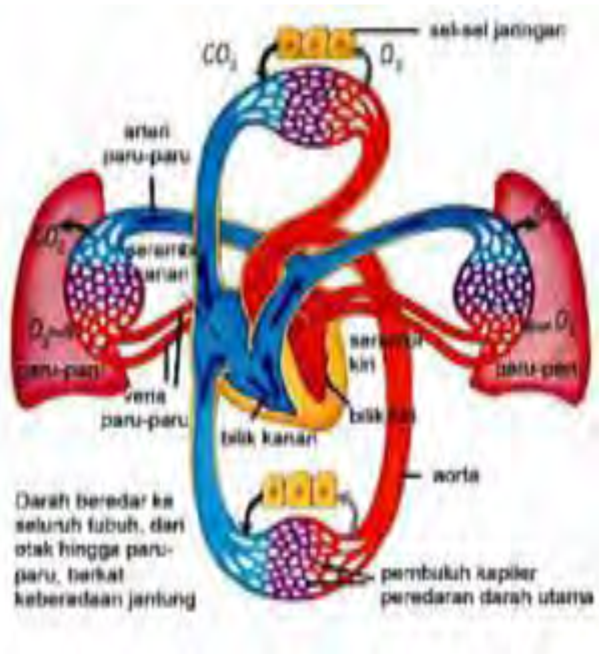
Pada waktu diastole berikutnya, dinding aorta yang kenyal ini kembali keposisi semula sehingga mendesak darah. Sebagian darah terdesak ke katup-katup pangkal aorta (valvula somilunaris) sehingga katup-katup ini menutup. Sebagian darah yang lain terdesak menjauhi jantung. Akibatnya ialah bagian aorta yang tadi

mengembang sekarang mengecil lagi dan bagian aorta berikutnya mengembang oleh karena desakan sebagian darah. Dengan demikian bagian-bagian berturut turut sepanjang arteria mengembang dan mengecil lagi. Mengembangnya ini merupakan pulsus arteriosus. Gelombang pulsus ini merambat sepanjang arteria dan cabang-cabangnya.

Makin kecil arteria, makin kecil juga pulsusnya, sehingga akhirnya pulsus akan hilang. Diameter arteria yang makin mengecil menimbulkan hambatan terhadap aliran darah, ini disebut tahanan tepi.

Tiga kekuatan tersebut mendapat reaksi dan darah yang disebut desakan darah. Reaksi yang terjadi dalam periode sistole disebut desakan sistolik dan reaksi yang terjadi ketika periode diastole disebut desakan diastolik. Pengembalian darah kejantung tidak mungkin hanya mengandalkan kekuatan mendorong dan jantung yang semakin melemah. Kekuatan yang membantu pengembalian darah ke jantung adalah kontraksi otot-otot rangka dan gerakan inspirasi.

Sistole dan diastole ini dapat diukur dengan tensimeter (spighnometer), diukur pada bagian kiri tulang rusuk 2-7, dibelakang ketiak(pada sapi).



Gambar 3. Peredarandarah vertebrata

h. Pembuluh darah

Setelah darah keluar jantung, darah mengalir melalui pembuluh-pembuluh darah. Pembuluh nadi adalah pembuluh yang keluar dari jantung. Dinding ototnya tebal dan elastis, membantu tenaga pemompaan jantung dalam peredaran darah. Katup hanya ada

sebuah, yaitu tepat di luar jantung. Umumnya arteri terletak di bagian dalam tubuh, hanya di beberapa tempat arteri terdapat di dekat permukaan tubuh sehingga dapat dirasakan denyutnya.

Pembuluh nadi tempat darah keluar jantung ada dua, yang satu menuju keseluruh bagian tubuh di sebut nadi besar (aorta). Aorta ini keluar dari bilik kiri, dimana darahnya mengandung banyak oksigen (darah arteri). Pembuluh nadi yang lain menuju ke paru-paru (arteri pulmanolis). Pembuluh ini keluar dari bilik kanan darahnya banyak mengandung karbondioksida serta uap air dan mengikat oksigen dari udara. Dari paru-paru darah kembali ke jantung melalui pembuluh balik paru-paru (pulmonalis). Peredaran darah dari jantung ke paru-paru dan kembali ke jantung ini di sebut peredaran darah kecil. system transportasi pada semua vertebrata mempunyai system transportasi darah tertutup. Kontraksi oto-otot jantung yang kuat diperlukan untuk mengalirkan darah melalui kapiler. Darah dari jantung dialirkan ke kapiler-kapiler melalui pembuluh-pembuluh yang disebut arteri dan kembali dari kapiler ke jantung melalui vena.

Pembuluh nadi utama (trunkus arteriosus) yang keluar dari ventrikel bercabang menjadi dua aorta, tiap aorta membelok kekiri dan kekanan. Pada tiap pangkal, arteri-arteri bercabang sebagai berikut:

1) Arteri karotis yang mengalirkan darah kekepala.
2) Arteri pulmo kutaneus yang bercabang dua, cabang yang menuju paru-paru disebut arteri pulmonalis dan yang menuju ke kulit disebut arteri kutanea.

Arteri akan bercabang-cabang menjadi arteri yang lebih kecil yang di sebut arteriol. Arteri dan arteriol berdinding otot tebal. Arteriol bercabang-cabang halus menjadi kapiler. Dinding pembuluh kapiler hanya terdiri dari selapis sel dan sedemikian sempitnya sehingga sel-

sel darah hanya dapat lewat satu persatu. Di dalam pembuluh kapiler inilah terjadi pertukaran gas. Darah dari kapiler kambali ke jantung melalui venula, kemudian ke pembuluh balik (vena). Umumnya pembuluh balik lebih tipis, tetapi lubang pembuluhnya lebih luas. Sepanjang pembuluh balik terdapat banyak katup-katup untuk mencegah agar darah tidak mengalir kembali. Peredaran darah dari jantung ke seluruh bagian tubuh dan kembali ke jantung, di sebut peredaran darah besar.

Darah selepas dari jantung mengalir dalam pembuluh pembuluh darah untuk mencapai jaringan-jaringan tubuh. Kemudian dari jaringan-jaringan dialirkan kembali ke jantung.
Pembuluh-pembuluh darah tersebut adalah: arteria, arteriola, dan metarteriola. Pembuluh-pembuluh darah pada hewan menyusui dan burung membentuk dua jalur peredaran yaitu peredaran kecil (circulatio parva) dan peredaran besar (circulatio magna).

Darah mengalir keluar dan masuk jantung melalui pembuluh-pembuluh darah. Oleh sebab itu pada dasarnya terdapat 2 kelompok pembuluh darah yaitu pembuluh darah yang aliran darahnya meninggalkan jantung dan yang menuju ke jantung.

Macam-macam pembuluh darah

1) Arteri (pembuluh nadi)

   Yaitu pembuluh darah yang membawa darah dari jantung. Pembuluh ini dapat dibedakan menjadi aorta, arteri dan arteriole. Aorta adalah pembuluh darah yang langsung berhubungan dengan jantung. Aorta bercabang-cabang menjadi arteri. Sedangkan arteriole merupakan pembuluh nadi yang berhubungan dengan kapiler.

2) Vena (pembuluh balik)

Yaitu pembuluh darah yang membawa darah ke jantung. Pembuluh ini dapat dibedakan menjadi venule, vena dan vena cava. Venule merupakan pembuluh balik yang berhubungan dengan kapiler. Vena menerima darah dari venule. Vena cava merupakan pembuluh balik besar yang langsung berhubungan dengan jantung.

3) Pembuluh kapiler

Merupakan pembuluh halus yang menghubungkan arteriole dengan venule. Kapiler merupakan pembuluh halus yang dindingnya hanya setebal selapis sel. Pada pembuluh inilah terjadi pertukaran oksigen dari darah dengan karbon dioksida jaringan.

Dinding pembuluh darah mempunyai 3 lapisan yaitu:

1. Lapisan terluar, merupakan lapisan tipis dan kuat terdiri atas jaringan kuat.
2. Lapisan tengah, terdiri atas jaringan otot polos. Karena otot polos ini bersifat tidak sadar maka alirandarah dan tekanan darah pada pembuluh darah tidak dapat dirasakan.
3. Lapisan dalam, merupakan lapisan yang membatasi ruangan pembuluh darah.

Walaupun pada prinsipnya antara nadi dan vena mempunyai lapisan yang sama, namun diantara keduanya mempunyai perbedaan yang mencolok yaitu seperti dalam tabel di bawah ini

Tabel 1. Perbedaan arteri dan vena

Pembeda	Arteri	Vena
1. Dinding	Tebal dan elastis	Tipis dan kurang jelas
2. Arah aliran	Meninggalkan jantung	Menuju jantung
3. Tekanan	Kuat, jika terpotong darahnya memancar	Lemah, jika terpotong darahnya menetes
4. Darah di dalamnya	Banyak mengandung oksigen, kecuali nadi paru-paru	Banyak mengandung karbon dioksida, kecuali vena paru-paru
5. Letak	Lebih ke dalam	Dekat permukaan tubuh
1. Klep	Hanya satu pada pangkal	Banyak, terdapat disepanjang vena

i. Macam-macam Peredaran Darah

Macam-macam peredaran darah yaitu:

1) Peredaran darah besar atau sistem sirkulatoria magna yaitu peredaran darah dari jantung (bilik kiri)
   → seluruh tubuh (kecuali paru-aru) → jantung (serambi kanan).

2) Peredaran darah kecil atau sistem sirkulatoria parva yaitu perdaran darah dari jantung (bilik kanan)
   → paru-paru → jantung (serambi kanan).

3) Sistem vena porta yaitu vena dari suatu alat tubuh sebelum menuju ke jantung mampir dulu ke suatu alat. Pada mamalia adalah sistem vena porta hepatica seperti halnya manuasia yaitu darah dari usus sebelum ke jantung mampir dulu ke hati.

j. Getah bening atau Limfa

Pembuluh limfe di sebut juga getah bening. Pembuluh limfa di mulai dari

berbagai jaringan-jaringan tubuh. Semua cairan limfe yang berasal dari daerah kepala, leher, dada, paru-paru, jantung dan lengan sebelah kanan dikumpulkan dalam pembuluh limfa dan bersatu menjadi pembuluh limfa kanan (duktus limfatikus dekster). Pembuluh limfa ini bermuara di pembuluh balik di bawah tulang selangka kanan.

Semua pembuluh limfa dari bagian lain dikumpulkan dalam pembuluh limfe dan bersatu menjadi pembuluh limfa dada (duktus thorasicus) dan bermuara ke dalam vena di bawah tulang selangka kiri.

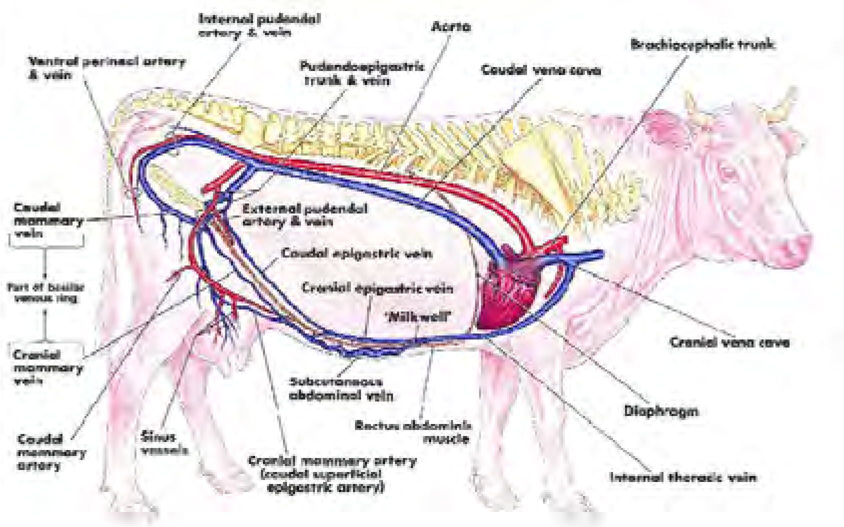
Getah bening atau limfa berasal dari plasma darah yang keluar dari kapiler dan dialirkan oleh pembuluh limfa. Pembuluh limfa yang berasal dari kepala, leher, dada, jantung, paru-paru dan lengan kanan akan bersatu menjadi pembuluh limfa kanan(ductus limfaticus dekster).

Adapun pembuluh limfa yang berasal dari bagian lainnya akan bersatu menjadi pembuluh limfa dada(ductus thorasicus). Dan bermuara di vena bawah selangka. Pembuluh limfa dada juga merupakan tempat bermuara pembuluh lemak atau pembuluh kil. Lemak inilah yang menyebabkan cairan limfa berwarna kuning keputih- putihan.
Disepanjang pembuluh limfa terdapat kelenjar-kelenjar limfa atau nodus. Kelenjar ini berfungsi untuk menyaring kuman.

Beberapa kelenjar getah limfa yang besar adalah:

1) Kelenjar limfa lipat siku, lipat paha, ketiak, lutut dan leher.
2) Kelenjar selaput lendir usus. Pembuluh limfa yang berasal dari selaput lendir usus di sebut pembuluh kil.
3) Kelenjar folikel bawah lidah.
4) Kelenjar pada tonsil amandel dan adenoid.

- **Anatomi Peredaran Darah pada Sapi**



Gambar 4. skema suplai darah pada sapi((http://1. bp. blogspot. com)

- **Anatomi peredaran darah pada kuda**

- Jantung

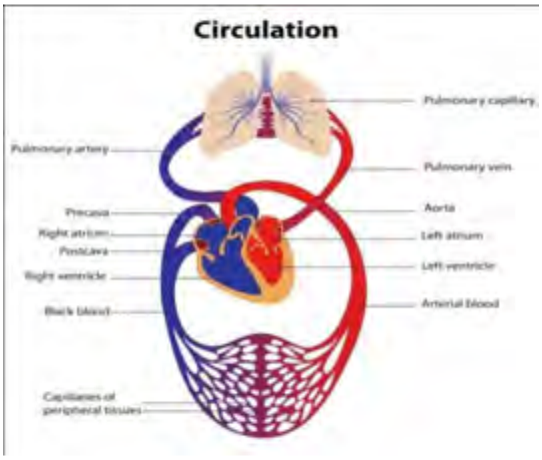
  Jantung pada kuda berasal dari jaringan otot, bentuknya lebih bulat darijantung pada manusia, yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung terdiri dari 4 ruang : atrium kiri, atrium kanan, ventrikel kiri, dan ventrikel kanan. Massa rata-rata jantung pada kuda dewasa mencapai 3, 6 kilogram. Meskipun massa jantungnya bisa 2x lipat, namun masa perkembangan jantung kuda adalah 4 tahun.

- Darah dan Pembuluh Darah

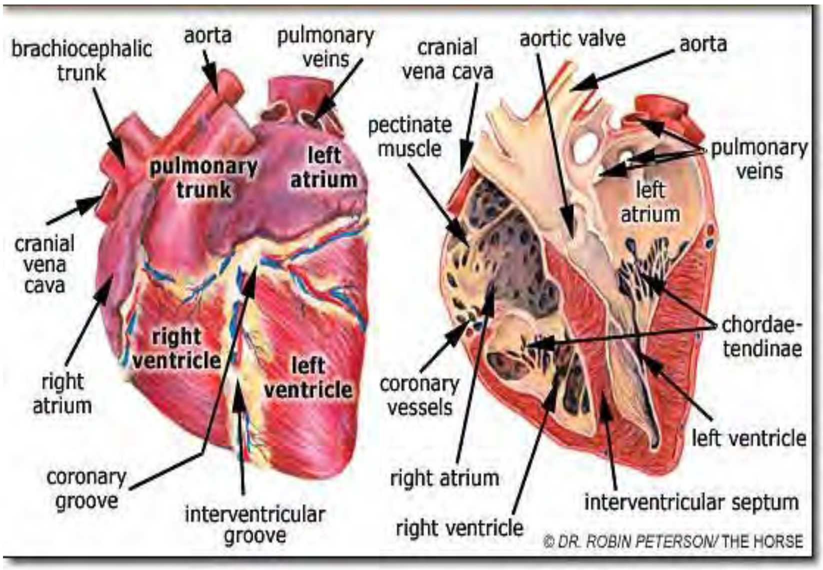
  Darah terdiri dari sel darah merah (eritrosit), sel darah putih(leukosit) serta plasma. Darah diproduksi di dalam sumsum tulang. Darah berfungsi untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh serta menghilangkan karbon dioksida yang ada dalam tubuh, melalui hemoglobin. Sel darah putih berfungsi dalam sistem kekebalan tubuh dan melindungi dari pathogen luar. Plasma memperlambat sel darah, karena mengandung faktor pembeku darah. Jantung dan pembuluh darah mengandung sekitar 34 liter darah dan bermassa 450 kg, yang setara dengan 76 ml / kg.

- Limpa

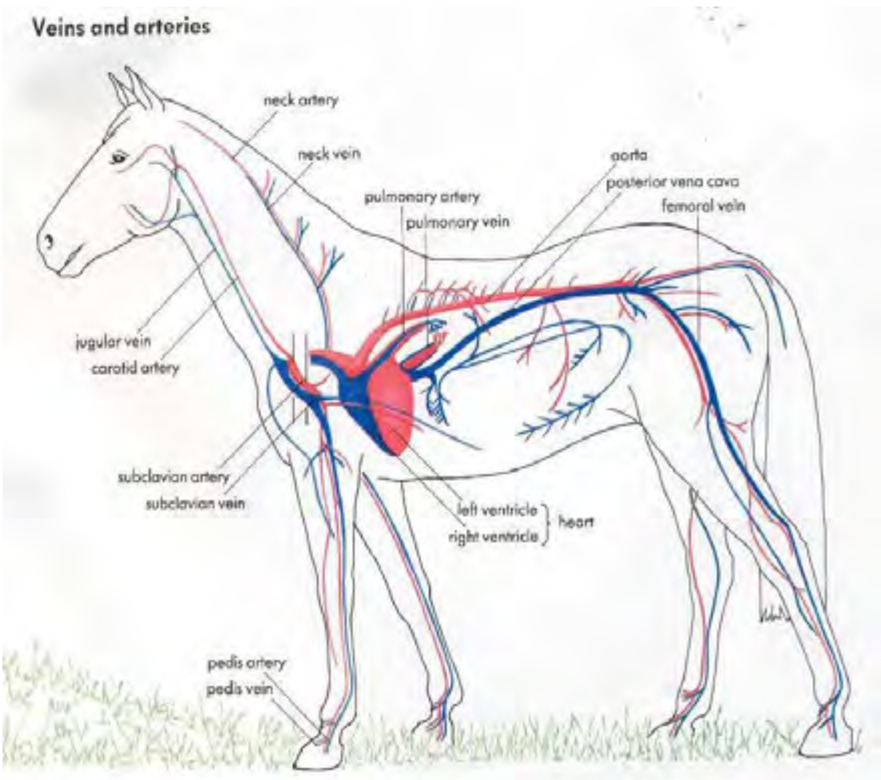
  Limpa berfungsi menghilangkan kerusakan sel darah merah dari kerusakan di pembuluh darah. Limpa juga berfungsi untuk menampung sel darah ekstra, limpa melepaskan sel darah ekstra tersebut ketika tubuh beraktivitas, sehingga volume darah meningkat serta jumlah oksigen pun bertambah.



Gambar 5. sirkulasi darah kuda(http://1. bp. blogspot. com)



Gambar 6. jantung pada kuda(http://1. bp. blogspot. com)



Gambar 7. rteri dan vena kuda(http://1. bp. blogspot. com)

Anatomi Peredaran Darah pada Unggas

- Pembentukan sistem peredaran darah

  Darah membawa berbagai zat dari luar tubuh ke dalam dan juga sebaliknya membawa zat dari dalam tubuh untuk dikeluarkan. Fungsi sistem peredaran darah yaitu menyediakan darah untuk melayani kebutuhan sel dan jaringan, mentrasnport oksigen kesemua sel, serta mentransport produk-produk yang tidak berguna dan hormon dari bagian tubuh satu ke yang lain.

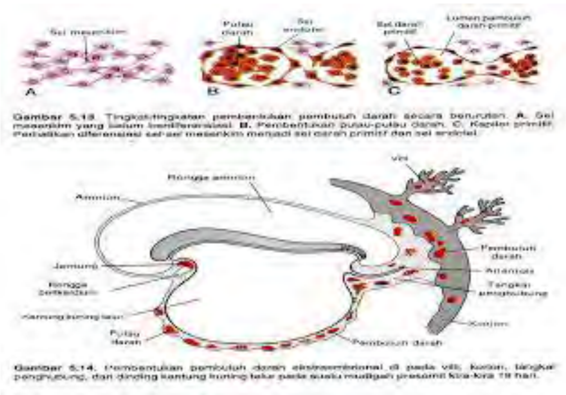
- Pembentukan pembuluh darah
  Pembuluh darah utama pada embrio adalah pembuluh yang membawa nutrisi ke tubuh dan gas dari dan ke tempat terjadinya respirasi. Pada hewan vertebrata yang kaya yolk seperti pada ayam, vena vitellin (omfalomesenterika) dibentuk dari kumpulan sel-sel mesoderm splanknik mejadi pulau-pulau darah pada kantung yolk.

  Pulau darah mulai tampak pada area opaka ketika area primitif mencapai ukuran maksimal. Pulau-pulau darah kemudian berongga membetuk tabung berdinding rangkap seperti pada jantung. Sel-sel lapisan dalam memipih dan mejadi lapisan endotelium, sedangkan sel sebelah luar menjadi otot polos. Kelompok sel pulau darah yang di tengah terdiferensiasi mejadi sel-sel darah embrio.

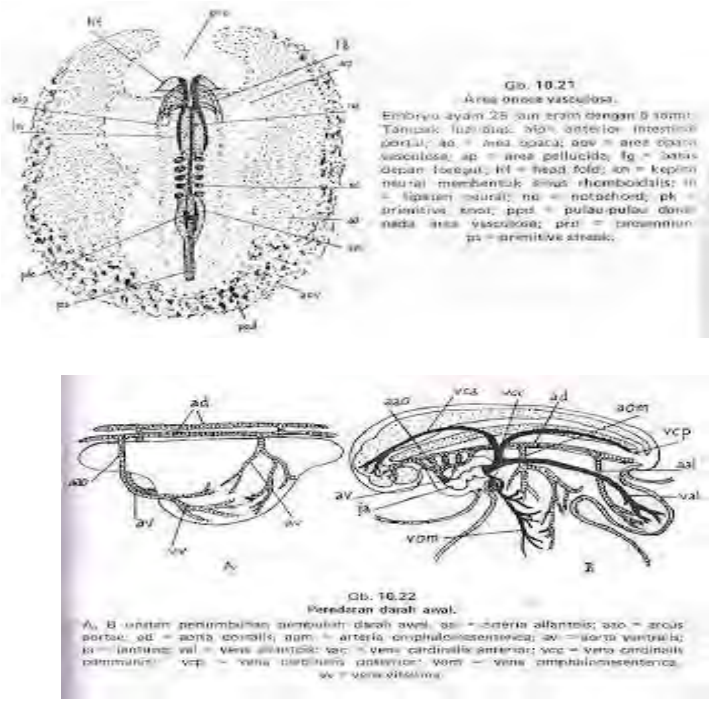
  Pulau darah terus tumbuh, mereka bersatu membentuk jaringan kapiler yang bermuara di kedua pembuluh vitellin yang membawa makanan dan darah ke jantung yang baru dibentuk. Pembentukan pembuluh darah intra embrio berlangsung sama

seperti pembuluh darah ekstra embrio pada kantung yolk, tapi sel-selnya berasal dari mesenkim.

Pembentukan peredaran darah ektra embrio



Gambar 8. Pembentukan pembuluh darah pada embrio ayam



Gambar 9. Pembentukan sistem peredaran darah intra embrio

Pembentukan sistem peredaran darah di dalam tubuh dimulai dengan pembentukan jantung. Gejala pembentukan tampak pada embryo umur kira-kira 25 jam. Sistem peredaran darah pada unggas hampir sama dengan hewan mamalia. Unggas

mempunyai jantung dengan 2 atrium dan 2 ventrikel. Pemisah antara atrium kanan dan kiri serta ventrikel kanan dan kiri adalah interatrial septum dan interventricular septum. Secara garis besar arteri membawa darah meningggalkan jantung, dan akan kembali ke jantung melalui vena. Berat darah pada ayam dewasa 8-10% dari berat badan sedangkan pada ayam muda (umur 1-2 minggu) berat darah kurang dari 8% dari berat badan.

Darah unggas secara umum terdiri dari cairan darah sebanyak 70% dan bahan kering 30%. Plasma darah mengandung substansi fibrinogen sebagai pembeku darah, zat warna darah dan metabolisme, garam yang larut, hormon dan serum darah. Sedangkan sel darah terdiri dari sel darah merah (SDM) sebanyak 2,5-3,5 juta/mm3 dan sel darah putih (SDP) sebanyak 15. 000 - 35. 000/mm. Tekanan darah unggas pada saat sistole 75-175 mmHg dan saat diastole 140-160 mmHg.

Sebagai pemompa darah, jantung pada unggas mempunyai 4 bilik yaitu 2 atrium dan 2 ventrikel. Berat darah pada unggas 8% berat tubuh (pada anak ayam umur 1-2 minggu) dan 6% pada unggas dewasa. Tekanan darah 350 kali/menit (Leghorn), 250 kali/menit (RIR), atau 300-560 kali/menit (DOC saat di kirim ke peternak).

Unggas mempunyai 2, 5 - 3, 5 juta sel darah merah (cdm)/m3 (tergantung umur dan jenis kelamin), unggas jantan mempunyai sel darah merah 500. 000/m3 lebih banyak dibanding unggas betina. Tidak seperti pada mamalia, sel darah merah unggas mempunyai inti yang mengandung hemoglobin dan pembawa pigmen darah. Spleen merupakan organ yang berasosiasi

dengan sirkulasi darah. Spleen terdapat di dekat gizard dimana sel darah merah dan sel darah putih dibentuk.

Darah unggas terdiri dari plasma darah dan sel darah. Plasma darah terdiri dari protein (albumin, globulin dan fibrinogen), lemak dalam bentuk kolesterol, fosfolipid, lemak netral dan asam lemak dan mineral anorganik terutama kalsium, potasium dan yodium. Sel darah terdiri dari sel darah merah (eritrosit), trombosit, leukosit (heterofil, eosinofil, basofil, limfosit dan monosit)

- Darah

Fungsi darah pada unggas:

- Mengedarkan O2 dan mengeluarkan CO_2 dari sel tubuh
- Absorpsi nutrien dari saluran pencernaan dan membawanya ke seluruh jaringan
- Mengeluarkan sisa-sisa metabolisme dari sel tubuh
- Mengedarkan hormone.
- Mengatur cairan tubuh.
- Mengatur suhu tubuh. (Nesheim *et al.* , 1979).

Darah unggas berisi sekitar 2, 5 sampai 3, 5 juta sel darah merah per milimeter kubik dan tergantung pada umur dan jenis kelamin. Darah unggas jantan dewasa memiliki 500. 000 sel darah merah lebih banyak dibanding betina (Akoso, 1993). Unggas mempunyai kisaran jumlah sel darah putih 15 sampai 35 ribu per milimeter kubik. Sel darah merah unggas mengandung nukleus dan hemoglobin. Hemoglobin ini berfungsi untuk membawa oksigen pada darah. Hemoglobin terdapat sekitar 30% dari total darah pada unggas muda , unggas petelur dan pada jantan sekitar 40% (Nesheim *et al.* , 1979).

- Limpa

Limpa merupakan organ yang penting pada sistem sirkulasi darah. Organ ini terletak pada rongga perut berdekatan dengan empedal. Di dalam limpa sel darah merah dan sel darah putih dibentuk dan limpa bertindak sebagai penyimpan sel darah merah (Nesheim *et al.* , 1979). Limpa berbentuk lonjong, berwarna merah coklat dan kenyal. Organ ini penting bagi tubuh karena peranannya dalam membentuk sel yang bertanggung jawab terhadap produksi antibodi atau terhadap reaksi immunoglobi yang lain (Akoso, 1993).

Bagian-bagian dari jaringan darah adalah :

- Sel darah

  Dibagi menjadi sel darah merah (eritrosit) berfungsi untuk mengangkut oksigen dan sel darah putih (lekosit) berfungsi untuk melawan benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

- Keping-keping darah (trombosit)

  Berfungsi dalam proses pembekuan darah

- Plasma darah

  Komponen terbesar adalah air, berperan mengangkut sari makanan, hormon,

zat sisa hasil metabolisme, antibodi dan lain-lain.

- Jaringan Limfe/Getah Bening

Jaringan Limfe/Getah Bening adalah bagian dari darah yang keluar dari pembuluh darah, komponen terbesarnya adalah air dimana terlarut zat-zat antara lain glukosa, garam-garam, asam lemak. Komponen selulernya adalah limfosit.

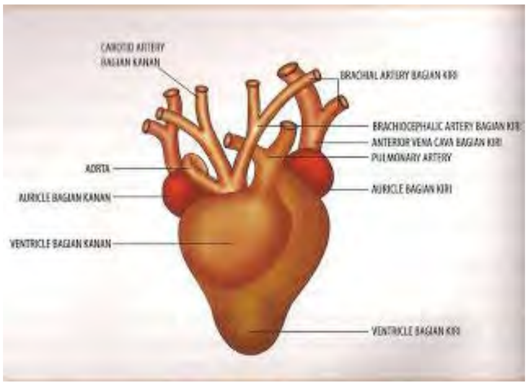
Jaringan limfe menyebar ke seluruh tubuh melalui pembuluh limfe. Fungsi jaringan limfe selain untuk kekebalan tubuh

(adanya limfosit) juga untuk mengangkut cairan jaringan, protein, lemak, garam mineral dan zat-zat lain dari jaringan ke sistem pembuluh darah.

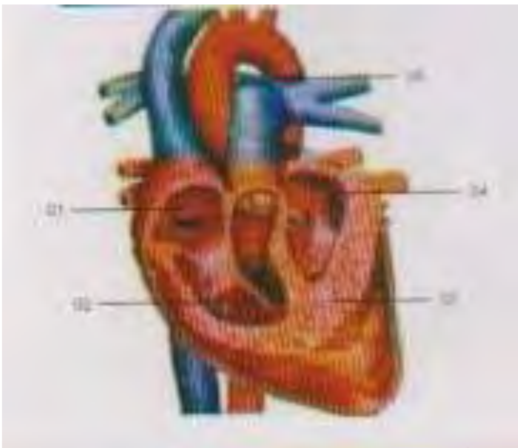
- Jantung

  Anatomi jantung pada unggas.

  Sistem peredaran darah pada burung terdiri dari jantung dan pembuluh-pembuluh darah. Ukuran jantung pada unggas besar, berbentuk kerucut dan di bungkus oleh selaput yang disebut pericardium.



Gambar 10. Ilustrasi Struktur Jantung Ayam - Peternakan Ayam Broiler Blogspot



Penampang membujur jantung ayam

Keterangan: 01. Atrium kanan. 02. Ventrikel kanan. 03. ventrikel kiri, 04. Atrium kiri, 05. Aorta

Gambar 11. jantung (Sumber: Jonas . J. dkk. 2013)

Aves merupakan kelas tersendiri dalam kingdom animalia, aves (burung) memiliki ciri umum yaitu berbulu dan kebanyakan diantara mereka bisa terbang. Kelas aves adalah satu-satunya kelompok hewan yang memiliki bulu. Hal ini merupakan keunikan tersendiri dari kelompok hewan tersebut (STAIN Cirebon, 2009).

Jantung aves terbagi menjadi 4 ruang, yaitu:

- 2 atrium yaitu atrium dekster (serambi kanan) dan atrium sinister (serambi kanan).
- 2 ventrikel yaituventrikel dekster (bilik kanan) dan ventrikel sinister (bilik kiri)

Sekat di antara ventrikel kiri dan ventrikel kanan sempurna sehingga tidak terjadi percampuran darah yang kaya O_2 dan yang miskin O_2.

Peredaran darah burung tersusun oleh jantung sebagai pusat peredaran darah, darah, dan pembuluh-pembuluh darah. Darah pada burung tersusun oleh eritrosit berbentuk oval dan berinti. Jantung burung berbentuk kerucut dan terbungkus selaput perikardium. Jantung terdiri dari dua serambi yang berdinding tipis serta dua bilik yang dindingnya lebih tebal. Pembuluh-pembuluh darah dibedakan atas arteri dan vena. Arteri yang keluar dari bilik kiri ada tiga buah, yaitu dua arteri anonim yang bercabang lagi menjadi arteri - arteri yang mensuplai darah ke bagian kepala, otot terbang, dan anggota depan serta sebuah aorta vang merupakan sisa dari arkus aortikus yang menuju ke kanan.Pembuluh nadi ini kemudian melingkari bronkus sebelah kanan dan membelok ke arah ekor menjadi aorta dorsalis (pembuluh nadi punggung). Pembuluh nadi yang keluar dari bilik kanan hanya satu, yaitu arteri pulmonis (pembuluh nadi

paru -paru), yang kemudian bercabang menuju paru-paru kiri dan kanan (R. Swasono, 1970).

Jantung terdiri atas empat ruang yaitu serambi kiri, serambi kanan, bilik kiri dan bilik kanan. Darah yang banyak mengandung oksigen yang berasal dari paru-paru tidak bercampur dengan darah yang banyak mengandung karbondioksida yang berasal dari seluruh tubuh. Peredaran darah burung merupakan peredaran darah ganda yang terdiri atas peredaran darah kecil dan peredaran darah besar (Kusmandanu, 2009).

Cara kerja jantung yaitu darah yang kaya akan CO_2 masuk melalui vena cava superior dari tubuh bagian atas dan vena cava inferior dari tubuh bagian bawah menuju ke atrium dexter. Setelah melewati valvula trikuspidalis darah akan menuju ventrikel dexter dan akan keluar dari cor dibawa oleh ateri pulmonalis dexter dan arteri pulmonalis sinister menuju pulmo (R. Swasono, 1970).

Darah yang kaya akan O_2 dari pulmo masuk melalui vena pulmonalis dexter dan vena pulmonalis sinister menuju cor bagian atrium sinister. Dengan melewati valvula bikuspidalis maka darah akan mengalir menuju ventrikel sinister. Dari ventrikel sinister darah akan keluar dari cor melewati valvula semulinaris yang dibawa oleh aorta menuju jaringan ke seluruh tubuh (R. Swasono, 1970).

Sistem peredaran darah pada unggas merupakan peredaran darah ganda. Ayam mempunyai jantung yang berbeda dengan lainnya, yaitu mempunyai empat ruang, dua *ventrikel* dan dua *atrium*. Pembagian ruang tersebut untuk mengefektifitaskan

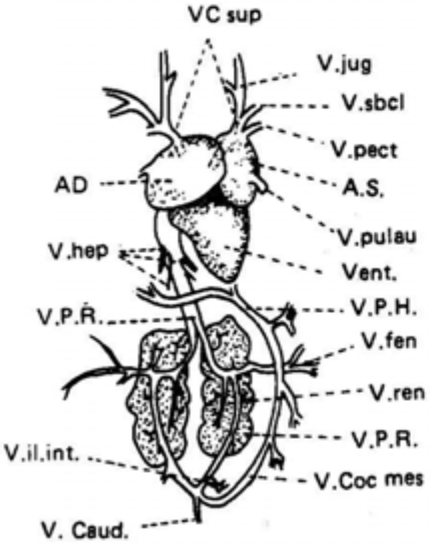
kerja jantung sehingga akan terjadi sirkulasi O_2 dan CO_2 dari kantung udara dengan tingkat metabolisme yang tinggi (Nesheim *et al.* , 1979).

Sekat antara ventrikel kiri dan ventrikel kanan sempurna sehingga tidak terjadi percampuran antara darah yang kaya dan miskin oksigen. Dibandingkan dengan vertebrata lainnya darah di aorta burung mengandung lebih banyak oksigen. Busur aorta pada burung hanya ada satu, yaitu arcus aorta yang menuju ke sebelah kanan.

Untuk ayam tipe ringan dewasa, misal ayam petelur *White Leghorn* mempunyai denyut jantung 350 kali per menit, ayam *breed* besar seperti *RhodeIsland Red* mempunyai denyut jantung 250 kali per menit (Akoso, 1993) dan DOC mempunyai kisaran 300 sampai 560 kali per menit (Nesheim *et al.* , 1979). Ayam mempunyai tekanan darah sistol 75 sampai 175 mm Hg dan diastol 140 sampai 160 mm Hg.

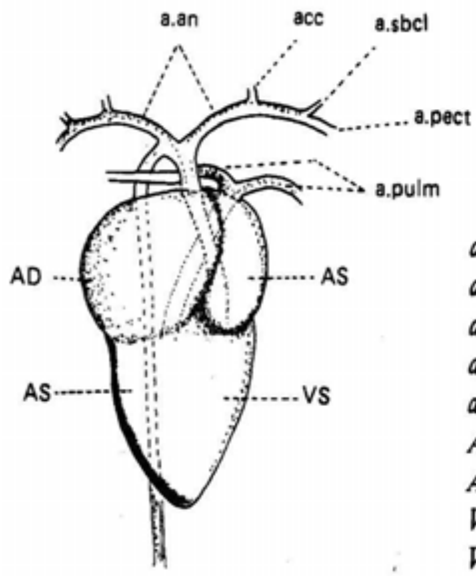
- Arah aliran darah:

1. Darah dari vena (membawa CO_2) ke serambi kanan → Dipompa Keluar melalui arteri dada ke paru-paru
2. Dalam paru-paru (darah melepas CO_2dan mengambil O_2) Serambi kiri → darah dipompa keluar melalui → aorta untuk diedarkan ke seluruh tubuh
3. Aorta bercabang-cabang menjadi pembuluh kapiler yang terdapat dalam jaringan
4. Dalam jaringan, pembuluh kapiler darah (memberi O_2 dan mengambil CO_2 dan air) → Vena → serambi kanan → dansetrusnya.



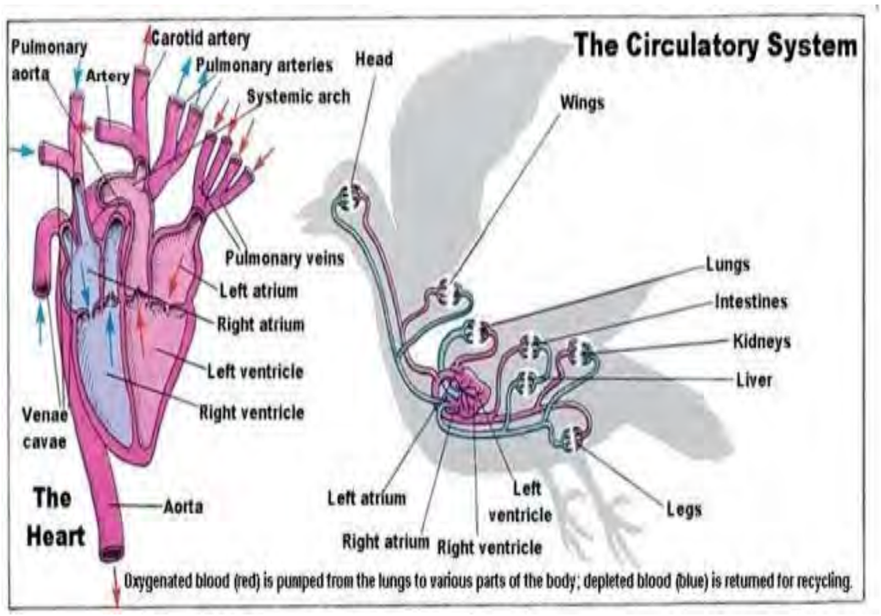
V.C. sup : *Vena Cava Superior;*
V.jug : *Vena jugularis*
V.sbcl : *Vena subclavia*
V.pect : *Vena pectoralis;*
V.pulm : *Vena pulmonalis*
V.hep : *Vena hepatica*
V.il : *Vena iliaca interna*
V.fem : *Vena femoralis*
V.coc.mes : *Vena Cocciygeo messenterica*
V.il.int : *Vena iliaca interna*
V.caud : *Vena caudalis*
V.P.H. : *Vena Portal Hepatis*
V.P.R. : *Vena Portae Renalis*
Vent : *Ventricel*
V. ren : *Vena renalis*

Gambar 12. Skema peredaran darah vena pada unggas (Radiopoetro, 1991)



a.an : *arteria anonyma;*
acc : *asteria carotis communis*
a. sbcl : *arteria subclavia*
a. pect : *arteria pectoralis;*
a. pulm : *arteria pulmonalis;*
AD : *Atrium Dextrum;*
AS : *Atrium Sinistrum;*
VD : *Ventricel Dexter*
VS : *Ventricel Sinister;*

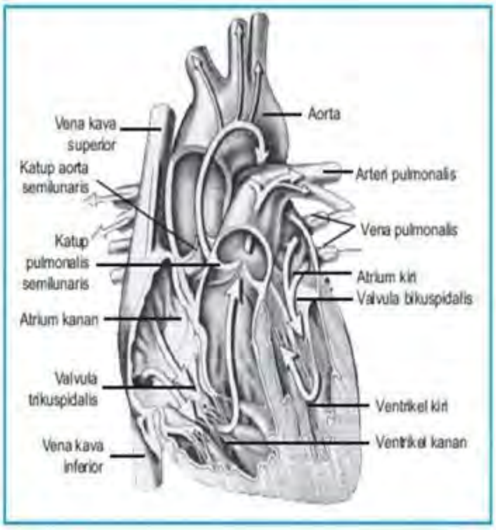
Gambar 13 . Skema peredaran darah arteri pada unggas (Radiopoetro, 1991)

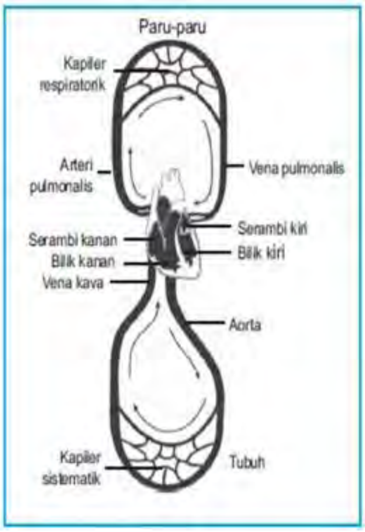


Gambar 14. sistem sirkulasi pada unggas((http://1. bp. blogspot. com)

1. Peredaran darah burung tersusun oleh jantung sebagai pusat peredaran darah, darah, dan pembuluh-pembuluh darah.
2. Darah pada unggas tersusun oleh eritrosit berbentuk oval dan berinti.
3. Jantung unggas berbentuk kerucut dan terbungkus selaput perikardium.
4. Jantung terdiri dari dua serambi yang berdinding tipis serta dua bilik yang dindingnya lebih tebal.
5. Bagian kanan dan kiri jantung telah terpisah secara sempurna sehingga tidak ada percampuran antara darah kaya oksigen di bagian kiri dan darah miskin oksigen di bagian kanan
6. Serambi dan bilik kanan berisi darah kotor yang banyak mengandung karbondioksida
7. Serambi dan bilik kiri berisi darah bersih yang kaya oksigen
8. Pembuluh-pembuluh darah dibedakan atas arteri dan vena.

Arteri yang keluar dari bilik kiri ada tiga buah, yaitu dua arteri anonim dan sebuah aorta





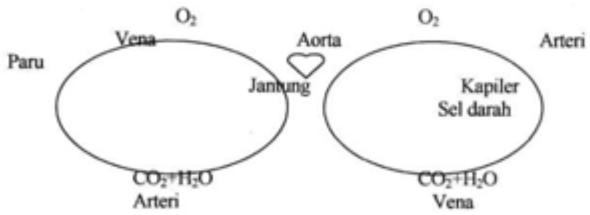
Gambar 15. Jantung pada aves(sumber biologi, Rainen& Jonhson)dan Sirkulasi darah pada aves(sumber:biologi, Sriyono)

Cara / proses kerja jantung pada aves :

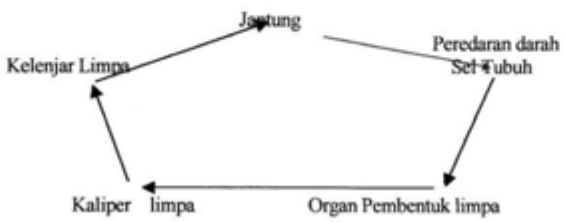
9. Pembuluh balik (vena) dibedakan atas:
   - Pembuluh balik tubuh bagian atas (vena kava superior), Vena ini membawa darah dari kepala, anggota depan, dan anggota otot-otot pektoralis menuju jantung
   - Pembuluh balik tubuh bagian bawah (vena kava inferior), membawa darah dari bagian bawah tubuh ke jantung.
   - Pembuluh balik yang datang dari paru - paru (pulmo) kanan dan paru – paru kiri serta membawa darah menuju serambi kiri jantung

     - Darah vena dari seluruh tubuh akan mengalir ke atrium kanan, kemudian ventrikel kanan
     - Dari ventrikel kanan darah dipompa menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis.
     - Dari paru-paru darah menuju ke atrium kiri melalui vena pulmonalis.

- Dari atrium kiri darah akan mengalir ke ventrikel kiri untuk dipompa melalui aorta menuju ke bagian-bagian tubuh.
- Darah dari kapiler jaringan tubuh akan dialirkan lagi ke atrium kanan jantung



Gambar 4. Mekanisme peredaran darah



Lien atau Spleen mempunyai hubungan dengan sistem peredaran darah, di tempat ini diproduksi sel darah merah dan sel darah putih. Fungsi yang lain dari lien adalah sebagai *revervoir* sel darah merah.

Sistem Peredaran Darah Ikan



Gambar 16 Sistem Peredaran Darah Ikan

Sistem peredaran darah ikan disebut peredaran darah tunggal, karena darah hanya satu kali melewati jantung. Jantung ikan terdiri dari 2 ruangyaitu satu atrium dan satu ventrikel. Dinding atrium tipis, sehingga warna darah di dalamnya tampak memerah dengan jelas, sedangkan dinding biliknya cukup tebal, sehingga tampak lebih pucat.

Jantung terletak dibawah faring di dalam rongga parikambium, yaitu bagian dari rongga tubuh yang terletak di anterior (depan). Fungsi jantung memompa darah Selain itu, terdapat organ sinus venosus, yaitu struktur penghubung berupa rongga yang menerima darah dari vena dan terbuka di ruang depan jantung.

Selain itu sinus venosa pada ikan, menerima darah dari vena kardinalis anterior dan vena kardinalis posterior. Darah sendiri merupakan suatu fluida (plasma) tempat beberapa bahan terlarut dantempat eritrosit, leukosit dan beberapabahan lain tersuspensi. Fungsi darah pada ikan adalah sebagai berikut :

- Mengedarkan suplai makanan ke sel-sel tubuh
- Membawa oksigen ke jaringan-jaringan tubuh
- Membawa hormon dan enzim ke organ yg memerlukan Volume darah pada ikan Teleostei berkisar 1, 5-3% dari bobot tubuh.

Jumlah organ yang membuat darah pada ikan jumlah lebih banyak dari mamalia. Darah pada ikan terdiri dari plasma dan sel darah (sel darah merah dan sel darah putih).

Sistem sirkulasi berfungsi untuk mengangkut dan mengedarkan O2 dari perairan ke sel-sel tubuh yang

membutuhkan, juga mengangkut enzim, zat-zat nutrisi, garam-garam, hormon, dan anti bodi serta mengangkut CO2 dari dalam usus, kelenjar-kelenjar, insang, dan jaringan lainkeluar tubuh.

Organ pada sistem sirkulasi: jantung, pembuluh nadi (aorta, arteri) dan pembuluh balik (vena), dan kapiler-kapiler darah. Bahan yang diedarkan : darah (plasma darah dan butir-butir darah)

Jantung ikan :

- Fungsi

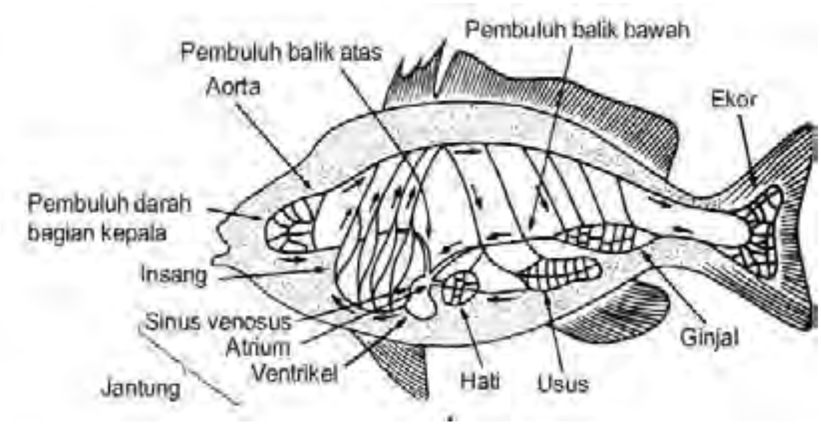
  Memompa darah ke seluruh bagian tubuh. Perbedaan jantung ikan dengan jantung hewan lain yaitu adanya alat pacu jantung yg memungkinkan jantung terus berdenyut walaupun otak sudah rusak.

  Bagian-bagian jantung

  1. Atrium , berdinding tipis
  2. Ventrikel, berdinding tebal, sebagai pemompa darah.
  3. Bulbus arteriosus

  Sebelum atrium, terdapat sinus venosus (SV) yang mengumpulkan darah berkadar CO_2 tinggi, berasal dari organ-organ tertentu. Darah dari SV masuk ke dalam atrium melalui katup sinuatrial, dari atrium darah masuk ke dalam ventrikel melalui katup atrioventrikularis. Dari ventrikel, darah dipompa ke arah aorta ventralis, menuju ke insang. Di dalam insang terjadi pertukaran O_2 dengan CO_2 (pada sistem pernafasan) dan seterusnya darah dengan kandungan O_2 tinggi diedarkan ke daerah kepala, ke bagian dorsal, ke ventral, dan ekor , setelah

mengedarkan nutrisi keseluruh jaringan tubuh , darahkembali ke jantung dan seterusnya.



Gambar 17. sirkulasi darah ikan(Sumber:biologi, Sriyono)

- Plasma darah

Berupa cairan jernih berisikan mineral terlarut, hasil pencernaan makan yang diserap oleh buangan jaringan, enzim, antibodi dan gas terlarut.

Eritrosit(sel darah merah)

- Memiliki inti.
- Berwarna merah kekuningan.
- Erytrocyte dewasa bentuk lonjong, kecil, diameter 7-36 mikron (tergantung spesies ikannya)
  - Jumlah tiap mm^3 darah berkisar antara 20. 000 - 3. 000. 000.
  - Pengangkutan oksigen dalam darah bergantung pada Hb yang terdapat dalam erytrocyt.
    - Leukosit (sel darah putih).
    - Tidak berwarna.
    - Berjumlah 20. 000-150. 000 dalamtiap mm3 darah.
    - Dibedakan 2 macam yaitugranulocyte dan agranulocyte.

Organ pembentuk darah pada Cyclostoma semua jenis darah dibentuk dalam Limpa yang tersebar pada sub mukosa usus alat pencernaan makanan.

Pada ikan berahang, limpa terbagi atas:

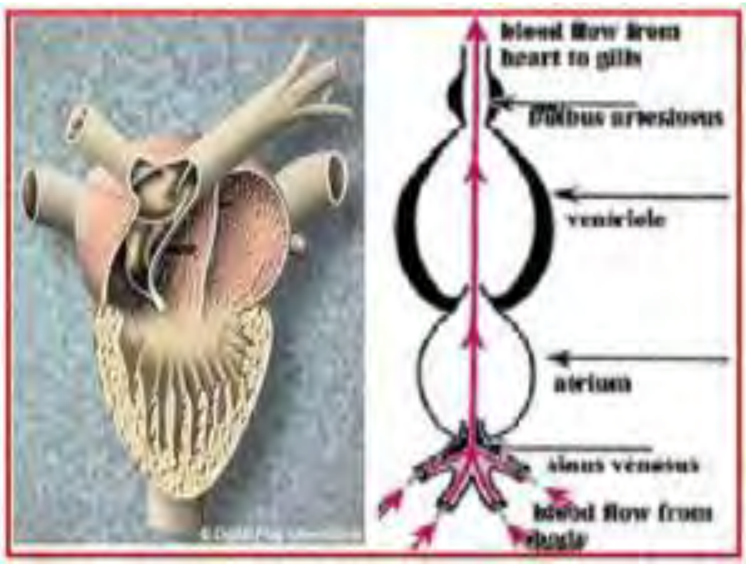
1. Cortex (bagian luar) berwarna merah membentuk eritrosit dan trombosit.
2. Medulla (bagian dalam) berwarna putih membentuk limfosit dan granulosit.

Pada Actinopterigii limpa berfungsi untuk merombak eritrosit. Trombosit dibentuk di dalam ginjal mesonephros dan granulosit yang berasal dari sub mukosa esophagus, hati, gonad dan ginjal.
Pada Chondrichthyes dan Dipnoi Katup spiral usus membentuk leukosit.
Ada suatu jaringan seperti bunga karang berwarna coklat kemerahan yang mengelilingi jantung ikan Acipenser, Polyodon, Lepidosinen membentuk lymphocyte dan granulocyte. Rawan kranial pada Squaliformes, Chimaeridae membentuk semua jenis sel darah.

Suhu tubuh ikan golongan hewan berdarah dingin (Poikoloterm) suhu tubuh menyesuaikan dengan suhu lingkungan. Perubahan suhu mendadak sering menjadi penyebab kematian ikan. Perubahan suhu yang kecil pada lingkungan akan menyebar dengan cepatke seluruh tubuh ikan sebagai efek perpindahan panas melalui kapiler kulit dan kapiler insang. Ikan muda karena rasio antara insang dan permukaan tubuh lebih besar dari ikan dewasa, akan lebih cepat dalam menyesuaikan suhu tubuhnya.

➢ Arah aliran darah

1. ➡ Jantung ➡ keluar melalui aorta ventral insang
2. Di dalam insang, aorta bercabang-cabang menjadi arteri brankial dan akhirnya menjadi kapiler-kapiler darah.
4. Pada kapiler-kapiler terjadi pertukaran gas (karbon dioksida dilepas, oksigen diambil dari air)
4. Dari kapiler aorta dorsal ➡ kapiler-kapiler seluruh ➡ tubuh (mengedarkan Oksigen dan sari-sari makanan serta mengikat CO_2 jantung (lewat vena kardinalis anterior dan vena kardinalis posterior).



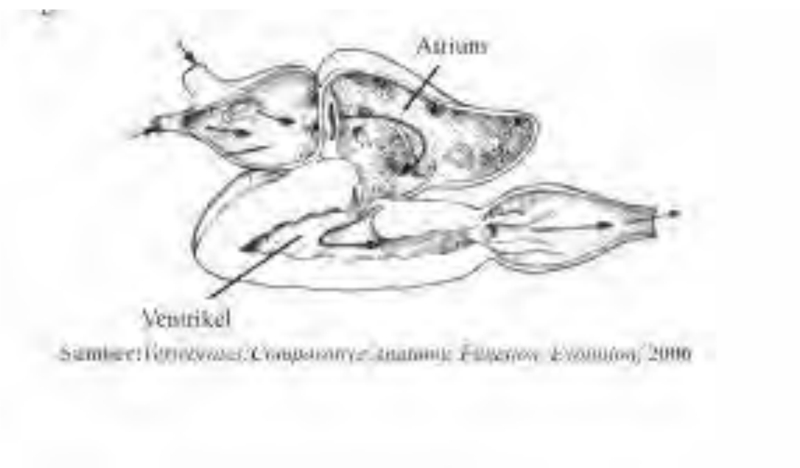
Gambar 18. Aliran darah jantung (http://1. bp. blogspot. com)

Anatomi Jantung Pisces

Jantung pada makhluk hidup berbeda-beda berdasarkan strukturnya. Jantung pada vertebrata misalnya ikan, mempunyai jantung yang terdiri dari dua kamar, yakni satu serambi (atrium) dan satu bilik (ventrikel).

Jantung pada ikan amphibia dan reptil mempunyai 3 kamar utama yang terdiri dari 2 atrium dan1 ventrikel.

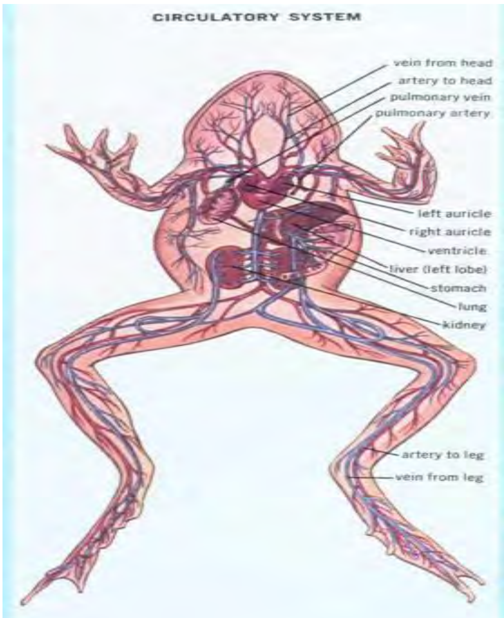
Ikan mempunyai denyut jantung sama seperti manusia. Ikan emas mempunyai rata-rata70 denyut jantung per menit. Anak ikan dan ikan yang kecil mempunyai denyut jantung yang lebih cepat dibanding ikan tua dan besar. Denyut jantung ikan menjadi lebih lambat apabila berada dalam air yang sejuk dibanding dalam air yang agak panas. Jangka hidup ikan bergantung kepada spesiesnya. Ada beberapa ikan yang dapat hidup kurang dari setahun tetapi ada yang dapat hidup lebih 100 tahun (Marsandre Jatilaksono, 2007).



Sistem peredaran darah pada ikan terdiri dari: jantung beruang dua, yaitu sebuah bilik (ventrikel) dan sebuah serambi (atrium). Jantung terletak dibawah faring di dalam rongga pericardium , yaitu bagian dari rongga tubuh yang terletak dianterior (muka). selain itu, terdapat organ sinus venosus, yaitu struktur penghubung berupa rongga yang menerima darah dari vena dan terbuka di ruang depan jantung. Darah ikan tampak pucat dan relative sedikit bila dibanding dengan vertebrata darat. Plasma darah mengandung sel darah merah yang berinti dan sel darah putih. Lien (limpa) sebagai bagian dari sistem peredaran terdapat di dekat lambung dan dilengkapi dengan pembuluh-pembuluh limpa (R. Swasono, 1970).

Pada proses peredaran darah, darah dari seluruh tubuh yang mengandung CO_2 kembali ke jantung melalui vena dan berkumpul di sinus venosus kemudian masuk ke serambi. Selanjutnya, darah dari serambi masuk ke bilik dan dipompa menuju insang melewati konus arterious, aorta ventralis, dan empat pasang arteri aferen brakialis. Pada arteri aferen brakialis, oksigen diikat oleh darah, selanjutnya menuju arteri eferen brakialis dan melalui aorta dorsalis darah diedarkan ke seluruh tubuh. Di dalam jaringan tubuh, darah mengikat CO_2. Dengan adanya sistem vena, darah dikembalikan dari bagian kepala dan badan menuju jantung. Vena yang penting misalnya: vena cardinalis posterior dan vena cardinalis posterior (membawa darah dari kepala dan badan), vena porta hepatika (membawa darah dari tubuh melewati hati), vena porta renalis (membawa darah dari tubuh melewati ginjal). Peredaran darah pada ikan disebut peredaran darah tunggal karena darah hanya satu kali melewati jantung (R. Swasono, 1970).

k. Sistem Peredaran Darah Katak



Gambar 19. Sistem peredaran darah ampibia

Sistem peredaran katak disebut peredaran darah ganda karena dalam satu kali peredarannya, darah melewati jantung dua kali. Pada masa larva (berudu)sistem peredaran darahnya menyerupai ikan.

Setelah metamorfosis menjadi katak, sistem peredaran darah mengalami perubahan yang sesuai untuk kehidupan di lingkungan darat.

Alat peredaran darah katak terdiri atas jantung. Jantung katak terletak di dalam rongga dada, terdiri atas 3 ruang yaitu 2 serambi (atrium kiri dan kanan) dan 1 bilik (ventrikel). Dengan demikian, bilik jantung katak tidak memiliki sekat. Terdapat dua aorta yaitu aorta kiri dan kanan. Peredaran darah katak tertutup karena beredar dalam pembuluh darah. Darah yang mengandung CO_2 dari seluruh tubuh masuk ke jantung melalui Vena cava (pembuluh balik tubuh). Darah ini mula-mula berkumpul di *sinus venosus,* dan kemudian karena adanya kontraksi maka darah akan masuk serambi kanan. Pada saat itu darah yang mengandung O_2, yang bersal dari paru-paru masuk ke serambi kiri.Bila kedua serambi berkontraksi maka darah akan terdorong ke dalam bilik. Dalm bilik terjadi sedikit pencampuran darah yang kaya O_2 dan yang miskin O_2. Untuk selanjutnya, darah yang kaya O_2 dalam bilik dipompa melalui trunkus arteriosus menuju arteri hingga akhirnya sampai di arteri yang sangat kecil (kapiler) di seluruh jaringan tubuh. Dari seluruh jaringan tubuh, darah akan kembali ke jantung melewati pembuluh balik yang kecil (venula) dan kemudian ke vena dan akhirnya ke jantung, sementara itu darah yang miskin dipompa keluar melewati arteri konus tubular, pada katak dikenal adanya sistem porta, yaitu sistem yang dibentuk oleh pembuluh balik vena saja.
Atrium kanan menerima darah yang miskin oksigen dari seluruh tubuh, sedangkan atrium kiri menerima darah dari paru – paru. Darah dari kedua atrium bersama – sama masuk ventrikel.

Jantung katak terdiri dari:

- Sebuah bilik yang berdinding tebal dan terletak di posterior
- Dua buah serambi, yaitu serambi kanan (atrium dekster) dan

  serambi kiri (atrium sinister).
- Sinus venosus yang berbentuk segitiga dan terletak disebelah dorsal dari jantung.
- Trunkus arteriosus berupa pembuluh bulat yang keluar dari bagian dasar anterior bilik.

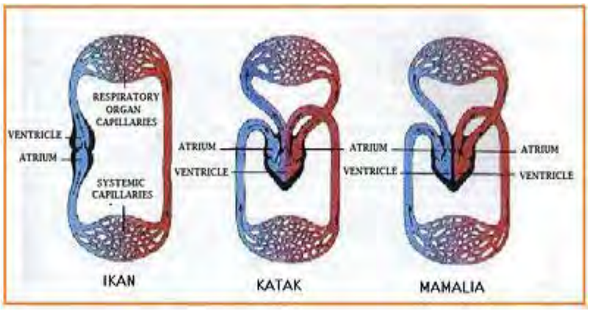


Gambar 20. Katak dengan jantung terletak di rongga dada

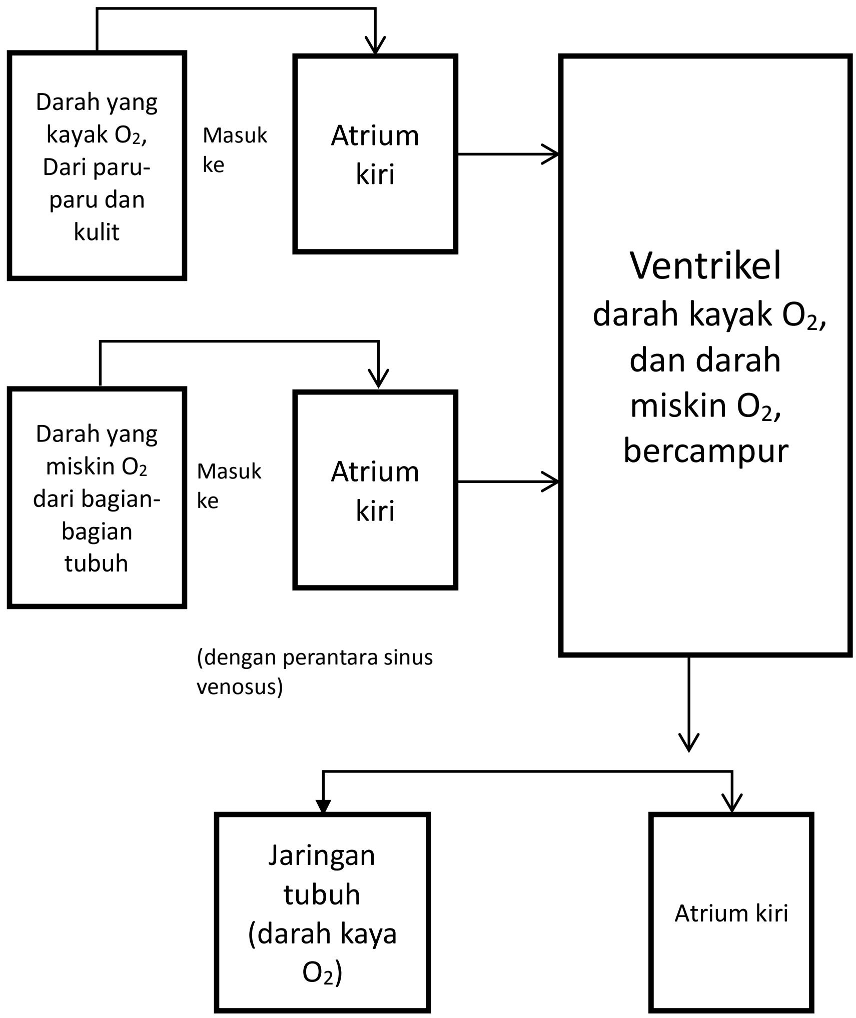
Jantung katak hanya mempunyai satu bilik, darah yang banyak mengandung oksigen dan karbon dioksida masih bercampur dalam bilik jantung. Walaupun tampaknya terjadi percampuran antara darah yang miskin oksigen dengan darah yang kaya oksigen namun percampuran diminimalisasi oleh adanya sekat – sekat yang terdapat pada ventrikel. Dari ventrikel, darah masuk ke pembuluh darah yang bercabang tiga. Arteri anterior mengalirkan darah ke kepala dan ke otak. Cabang tengah (lung aorta) mengalirkan darah ke jaringan internal dan organ dalam badan, sedangkan arteri posterior dilewati oleh darah yang menuju kulit dan paru – paru. Darah vena dari seluruh tubuh mengalir masuk ke sinus venosus dan kemudian mengalir

menuju ke atrium kanan. Dari atrium kanan, darah mengalir ke ventrikel yag kemudian di pompa keluar melalui arteri pulmonalis → paru – paru → vena pulmonalis → atrium kanan. Lintasan peredaran darah ini disebut peredaran darah paru – paru. Selain peredaran darah paru – paru, pada katak → sinus venosus → atrium kanan.

Untuk mencegah berbaliknya, aliran darah, di antara serambi dan bilik terdapat katup (valve), sedangkan antara serambi kanan dan kiri terdapat sekat (septum). Di dalam trunkus arteriosus terdapat katup spiralis. Darah yang mengandung CO_2, dari seluruh tubuh masuk ke jantung melalui vena kava (pembuluh balik tubuh). Darah ini mula – mula berkumpul di sinus venosus, dan kemudian karena adanya kontraksi maka darah akan masuk serambi kanan. pada saat itu, darah yang mengandung O_2, yang berasal dari paru-paru masuk ke serambi kiri. Bila kedua serambi berkontraksi maka darah akan terdorong ke dalam bilik. Dalam bilik terjadi sedikit percampuran darah yang kaya O_2 dan miskin O_2. Untuk selanjutnya, darah yang kaya O_2 dalam bilik dipompa melalui trunkus arteriosus menuju arteri hingga akhirnya sampai di arteri yang sangat kecil (kapiler) diseluruh jaringan tubuh. Dari seluruh jaringan tubuh, darah akan kembali kejantung melewati pembuluh balik yang kecil (venula) dan kemudian ke vena dan akhirnya ke jantung, sementara itu, darah yang miskin dipompa keluar melewati arteri konus tubular. Pada katak dikenal adanya sistem porta , yaitu suatu sistem yang dibentuk oleh pembuluh balik (vena) saja (R. Swasono, 1970)



Gambar 21. Perbandingan alat sirkulasi ikan, katak dan mamalia



Gambar 22. Skema Arah aliran darah amfibi(Suwarno, 2007)

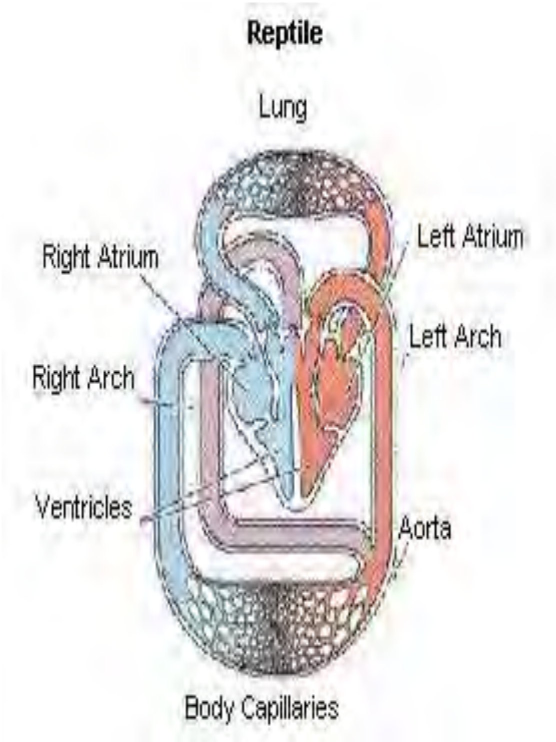
Anatomi Jantung Reptilia

Sistem tranportasi pada reptil, misalnya kadal, berbeda dengan system transportasi pada katak, kadal mempunyai jantung yang terdiri dari empat ruangan. Atrium kanan dan kiri di pisahkan oleh sekat yang disebut sekat serambi. Sekat yang membatasi ventrikel (bilik) kanan dan kiri belum sempurna, sehingga dapat terjadi percampuran darah yang berasal dari kedua bilik jantung tersebut. Derajat pemisahan ventrikel ini makin menuju ke kesempurnaan pada reptil bertingkat tinggi. Pada buaya, sekat bilik jantungnya hampir sempurna, dan hanya terdapat kedua

hubungan ventrikel, terdapat lubang yang disebut foramen panizzae. Adanya foramen ini memungkinkan distribusi oksigen kea lat-alat pencernaan dan pemeliharaan keseimbangan tekanan cairan di dalam jantung pada waktu menyelam.

Seperti halnya dengan sistem transportasi pada katak, reptil mempunyai dua aorta yang membelok ke kiri dan ke kanan. Dari kedua aorta ini bercabanglah arteri-arteri yang menuju ke daerah kepala dan tungkai depan dan arteri-arteri yang menuju ke organ-organ lain. System vena pada reptil sama dengan sistem vena pada katak.

Jantung reptilia terletak di rongga dada di bagian depan ventral. Jantung terdiri dari sinus venosus, serambi kiri dan serambi kanan, serta bilik kiri dan bilik kanan. Pada umumnya, diantara dua bilik terdapat sekat (septum) yang tidak sempurna, kecuali pada buaya. Pada buaya sekat tersebut hampir sempurna dan terdapat foramen panizzae, yaitu lubang yang terdapat pada tempat pertemuan arteri sistemik kanan dan kiri. Arteri sistemik merupakan arteri yang berasal dari jantung menuju keaorta. Arteri sistemik merupakan arteri yang berasal dari jantung menuju ke aorta. Darah dari vena masuk ke jantung melalui sinus venosus, menuju ke serambi kanan kemudian ke bilik kanan. Darah yang berasal dari paru-paru, melalui arteria pulmonalis, masuk ke serambi kiri kemudian ke bilik kiri. Dari bilik kiri, darah dipompa keluar melalui sepasang arkus aortikus. Dua arkus aortikus ini lalu menghubungkan diri menjadi satu membentuk aorta dorsalis yang mensuplai darah ke alat-alat dalam, ekor, dan alat gerak belakang. Dari seluruh jaringan tubuh, darah menuju ke vena, kemudian menuju sinus venosus dan kembali ke jantung (R. Swasono, 1970).



Gambar 23. Jantung Reptil

Jantung reptil biasanya kebanyakan seperti katak. Atrium terbagi menjadi dua yaitu bilik kanan dan biliki kiri. Bilik kanan menerima darah kaya akan oksigen dari paru-paru. Mereka adalah satu ventrikal, yang mana sebagian terbagi oleh sebuah dinding yang disebut "Septum" ventrikel memompa darah yang mengandung banyak oksigen ke seluruh tubuh. Tidak seperti beberapa reptil, buaya mempunyai 4 bilik jantung dengan 2 ventrikal yang seluruhnya terpisah. Mereka tidak mencampur antara darah yang kaya oksigen dan miskin oksigen (Smart Girl, 2009).

Arah aliran darah:

1. Dari ventrikel jantung ada dua aorta yang membelok ke kanan dan ke kiri.

2. Dari tiap aorta tersebut bercabang –cabang arteri kecil yang yang menuju ke berbagai organ tubuh.
3. Setelah sampai di kapiler darah kembali ke jantung.

l. Kelainan dan gangguan pada system transportasi darah

Beberapa kelainan pada sistem transportasi darah, yang disebabkan oleh factor-faktor keturunan, ataupun sebab-sebab yang belum diketahui antara lain :

1. Hemofili, adalah suatu penyakit keturunan dimana darah sukar membeku.
2. Anemia atau penyakit kekurangan darah kemungkinan disebabkan olehhemoglobinnya kurang mengandung zat besi atau karena memang kekurangan sel darah merah.
3. Leukemia atau kangker darah disebabkan karena produksi sel-sel darah putih yang tidak dapat terkendalikan.
4. Varises adalah pelebaran pembuluh vena, umumnya terdapat di bagian betis.
5. Hipertensi adalah tekanan darah arteri yang abnormal tinggi.
6. Hipotensi adalah tekanan darah yang abnormal rendah.

3. Refleksi

Peserta didik sangat perlu melakukan tinjauan ulang tentang anatomi peredaran darah, secara lebih mendalam lagi, sebagai penunjang /materi dasar dalam membahas beberapa permasalahan yang terjadi pada sistem sirkulasi. Sebab pengetahuan dasar yang telah dipelajari akan dibutuhkan pada pembelajaran materi berikutnya berkaitan dengan masalah fisiologi anatomi sirkulasi.

Selama pembelajaran materi ini, banyak hal yang belum terungkap, anda dapat menemukan pada sumber lain atau media informasi lain, sebagai pengembangan dan bahan tambahan bila saat pengetahuan dasar tentang anatomi peredaran darah ini harus di implementasikan, dimasyarakat dalam rangka menjawab berbagai permasalahan.

Masukan untukmengantisipasi dan meningkatkan pemahaman bahan ajar berikutnya sudah selayaknya harus lebih banyak membaca dan kreatif menggali serta mencari tahu dari berbagai sumber guna mengasosiasikan pengetahuan dasar yang di dapat di bangku SMK.

4. Tugas

Setelah membaca dan menyimak bahasan materi diatas maka kerjakanlah tugas berikut!

Sebaiknya dilakukan secara berkelompok maksimal 5 orang dalam satu kelompok!

Terlebih dahulu persiapkan peralatan sederhana berupa cutter, gunting, nampan/baki, ember. Bahan yang diperlukan adalah ayam mati, kodok, kadal, ikan, air sabun, bahan desinfektan. Setiap kelompok hanya membedah satu jenis hewan saja dengan prosedur yang benar.

Tugas berikutnya perhatikan dengan seksama :

1. Bentuk jantung utuh, bentuk jantung penampang membujur (dibelah).
2. Amati setiap pembuluh darah yang keluar dan yang menuju ke jantung.
3. Tentukan bagian-bagian dari jantung, seperti serambi, ventrikel beserta strukturnya (pembagian) ruang jantung setelah dibelah secara membujur!
4. Bertukarlah melakukan pengamatan dengan kelompok lain, seterusnya sampai anda memahami benar semua jenis alat sirkulasi pada setiap contoh hewan.
5. Gambarlah bagian-bagian jantung pada setiap hewan kemudian bandingkan antara hewan yang satu dengan yang lainnya.
6. Buatlah kesimpulan hasil pengamatan anda dalam bentuk porto folio kemudian sampaikan hasilnya dihadapan teman/kelompok yang lain secara bergiliran.
7. Sementara itu kelompok lain bersiap untuk memberi tanggapan atau pertanyaan terhadap hasil pemaparan kelompok penyaji.
8. Semua kelompok, pada akhir pelaksanaan tugas mencoba mengasosiasikan/mencocokan hasil pengamatan dengan sumber-sumber lain yang relevan.

9. Tutuplah semua kegiatan dengan mengembalikan peralatan dalam keadaan bersih, mengubur sisa bangkai hewan dengan baik dan benar.

5. Tes Formatif

1. Sebutkan tiga komponen yang termasuk ke dalam sistem sirkulasi!

2. Sebutkan 3 sel penyusun sel-sel darah !

3. Bagian dari jatung yang kaya akan osigen dan bertugas mendistribusikan darah ke seluruh tubuh adalah

   A. Serambi kanan
   B. Serambi kiri
   C. Bilik kanan
   D. Serambi kanan dan kiri
   E. Bilik kiri

4. Secara alami saat terjadiluka maka akan perdarahan akan mengalami penutupan , hal ini adalah pera dari sel darah yaitu

   A. Plasma darah
   B. Leukosit
   C. Eritrosit
   D. Trombosit
   E. Limfa

5. Berikut ini yang termasuk golongan darah universal adalah
   a. A b. B c. AB D. O E. Semua benar

Kunci Jawaban :

1. Jantung, darah dan pembuluh darah.
2. Eritrosil, leukosit dan trombosit.
3. E
4. D
5. D

Rangkuman

Sistem transportasi merupakan sarana distribusi dari zat-zat antara cairan intertitial yang mengelilingi sel dan tempat-tempat di mana zat-zat tersebut masuk dan keluar dari tubuh. Sistem ini juga membantu memelihara keseimbangan lingkungan internal yang konstan (homeostasis)

Kecepatan aliran darah pada suatu organisme dapat dipengaruhi oleh besarnya arteri sistol, resistensi arteriol dan aktivitas suatu organisme. Ekspansi dan kontraksi yang elastis membuat arteri memegang peranan penting dalam membawa darah ke jaringan. Arterimengatur jumlah darah yang masuk ke dalam jaringan tertentu dan bersama dengan pengaturan laju denyut jantung serta mengatur tekanan dan laju arus darah.

Gerakan air diatur oleh interaksi dari tekanan hidrostatik dan tekanan osmosis darah.

Pengaturan kardiovaskuler merupakan proses yang komplek, melibatkan pengaturan jumlah darah kapiler dan integrasi syaraf, yang melibatkan pengaruh reseptor –reseptoryang ada di jantung dan pusat-pusat pengaturan di hipotalamus dalam mengatur sistem kardiovaskular.

Pada setiap hewan vertebrata, mempunyai anatomi peredaran darah yangtidak sama sesuai, dengan tingkatan hewan, tetapi sistem sirkulasi yang menyusun tetap pada 3 komponen yaitu darah, jantung dan pembuluh darah.

C. Penilaian

1. Sikap

FORMAT PENILAIAN SIKAP

KOMPETENSI KEAHLIAN : ....
KELAS : ....

No	Aspek Sikap/ranah Non Instruksional/Attitude	Skor Perolehan									
		Believe(B)(Preferensi oleh Peserta didik ybs)					Evaluation(E) (Oleh Guru /Mentor)				
1	Kedisiplinan										
2	Kejujuran										
3	Kerjasama										
4	Mengakses dan mengorganisasi informasi										
5	Tanggung jawab										
6	Memecahkan masalah										
7	Kemandirian										
8	Ketekunan										
9	Religius										

Catatan:mengisi dengan tanda(v) pada setiap kolom yang sesuai kriteria, semakin besar angka menunjukkan nilai sikap semakin bagus(1-5).

Guru Mata Pelajaran ....,............, 20 ....

Peserta Didik

(.........................) (.. ....)

NIP...................... NIS..............................

2. Pengetahuan dan Keterampilan

ANALISIS NILAI DAN INDIKATOR

(ANALISIS MATA PELAJARAN)

Nama Sekolah : SMK . . . .

Mata Pelajaran : . . . .

Tahun Pelajaran : 2013/2014

Program Keahlian : Agroteknologi

Kompetensi Keahlian : Agribisnis Ternak . . . .

Standar Kompetensi : Menjelaskan dasar-dasar anatomi ternak

Nama Guru : . . . .

Kelas : . . . .

Kompetensi Dasar	THB	Nilai	Indikator	THB
Menerapkan pengetahuan anatomi peredaran darah(sirkulasi)	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4
Menelar anatomu peredaran darah (sirkulasi)	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4

Kegiatan Pembelajaran 2 : Anatomi Urinaria

A. Deskripsi

Sistem perkemihan atau sistem urinaria adalah suatu sistem dimana terjadinya proses penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih dipergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan berupa urin (air kemih). Sistem urogenitalia terdiri dari organ urinaria yang terdiri atas ginjal beserta salurannya, ureter, buli-buli dan uretra. Ginjal adalah alat ekskresi yang penting. Jumlah ginjal sepasang dan terletak di dekat tulang-tulang pinggang. Dari masing-masing ginjal, urine dialirkan oleh pembuluh ureter ke kandung urine (vesika urania) dan melalui uretra dikeluarkan dari tubuh. Ginjal terdiri dari dua lapisan, yaitu lapisan luar yang disebut korteks. Korteks ini mengandung jutaan alat penyaring yang disebut nefron. Setiap nefron terdiri atas badan Malpighi (badan renalis) dan tersusun dari kapsul Bowman dan glomerulus. Lapisan ginjal sebelah dalam disebut sumsum ginjal atau medula yang mengandung banyak pembuluh-pembuluh tubula pengumpul hasil ekskresi. Tubula ini bermuara pada tonjolan di ruang ginjal.

Di dalam ginjal terjadi serangkaian proses penyaringan (filtrasi) zat-zat sisa yang beracun, penyerapan kembali (reabsorpsi) dan pengeluaran zat-zat sisa yang tidak diperlukan lagi dan tidak disimpan dalam tubuh (augmentasi)

Bagian – Bagian Ginjal

Bila sebuah ginjal kita iris memanjang, maka akan tampak bahwa ginjal terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian kulit (korteks), sumsum ginjal (medula), dan bagian rongga ginjal (pelvis renalis).

1. Kulit Ginjal (Korteks)

Pada kulit ginjal terdapat bagian yang bertugas melaksanakan penyaringan darah yang disebut nefron. Nefron adalah unit struktur dan fungsi dari ginjal.

Pada tempat penyaringan darah ini banyak mengandung kapiler – kapiler darah yang tersusun bergumpal – gumpal disebut glomerulus. Tiap glomerulus dikelilingi oleh kapsul Bownman, dan gabungan antara glomerulus dengan kapsul Bowman disebut badan malphigi Kapsul Bowman merupakan suatu pengembangan ujung buntu dari tubulus yang mengalami evaginasi disekitar glomerulus dan hampir seluruhnya menutupi.

Penyaringan darah terjadi pada badan malphigi, yaitu diantara glomerolus dan kapsul Bowman. Zat–zat yang terlarut dalam darah akan masuk kedalam kapsul Bowman. Dari sini maka zat–zat tersebut akan menuju ke pembuluh yang merupakan lanjutan dari kapsul Bowman yang terdapat di dalam sumsum ginjal.

2. Sumsum Ginjal (Medula)

Sumsum ginjal terdiri dari beberapa badan berbentuk kerucut yang disebut piramid renal. Dengan dasarnya menghadap korteks dan puncaknya disebut apeks atau papila renis, mengarah ke bagian dalam ginjal. Satu piramid dengan jaringan korteks di dalamnya disebut lobus ginjal. Piramid antara 8 hingga 18 buah tampak bergaris – garis karena terdiri atas berkas saluran paralel (tubuli dan duktus koligentes). Diantara piramid terdapat jaringan korteks yang disebut dengan kolumna renal. Pada bagian ini berkumpul ribuan pembuluh halus yang merupakan lanjutan dari kapsulBownman. Di dalam pembuluh halus ini, urine yang merupakan hasil penyaringan darah dalam badan malphigi diangkut , setelah mengalami berbagai proses.

3. Rongga Ginjal (Pelvis Renalis)

Pelvis Renalis adalah ujung ureter yang berpangkal di ginjal, berbentuk corong lebar. Sabelum berbatasan dengan jaringan ginjal, pelvis renalis bercabang dua atau tiga disebut kaliks mayor, yang masing – masing bercabang membentuk beberapa kaliks minor yang langsung menutupi papila renis dari piramid. Kaliks minor ini menampung urine yang terus keleuar dari papila. Dari Kaliks minor, urine masuk ke kaliks mayor, ke pelvis renis ke ureter, hingga di tampung dalam kandung kemih (vesikula urinaria).

Fungsi Ginjal

1. Mengekskresikan zat – zat sisa metabolisme yang mengandung nitrogen-nitrogen, misalnya amonia.
2. Mengekskresikan zat – zat yang jumlahnya berlebihan (misalnya gula dan vitamin) danzat berbahaya (misalnya obat – obatan, bakteri dan zat warna).
3. Mengatur keseimbangan air dan garam dengan cara osmoregulasi.
4. Mengatur tekanan darah dalam arteri dengan mengeluarkan kelebihan asam atau basa.

Ginjal sangat berperan dalam sistem urine yang menjaga lingkungan internal tubuh. Ginjal tidak hanya mengeluarkan hasil buangan metabolisme, tetapi juga membantu mengatur keseimbangan air, keseimbangan asam -basa, kadar lektrolit dan kadar berbagai substansi dalam darah. Semuanya dicapai melalui penyaringan sejumlah besar cairan dan molekul-molekul kecil lainnya melalui glomerulus. Sejumlah kecil zat-zat direabsopsi oleh sel-sel tubulus, baik secara pasif malalui proses osmosis dan difusi maupun secara aktif melalui transport aktif. Urine adalah hasil akhir yang terdapat dalam saluran pengumpul.

Di dalam ginjal terjadi serangkaian proses penyaringan (filtrasi) zat-zat sisa yang beracun, penyerapan kembali (reabsorpsi) dan pengeluaran zat-zat

sisa yang tidak diperlukan lagi dan tidak disimpan dalam tubuh (augmentasi)

terjadinya filtrasi, reabsorpsi dan augmentasi sebaik mungkin. Pada mamalia dewasa (seperti orang dewasa) panjang seluruh tubula diperkirakan 7. 500. 000 sampai 15. 000. 000 cm atau kurang lebih 7. 5 sampai 15 km. Hampir sepanjang tubula diliputi oleh kapiler darah. Berbeda dengan jaringan lain, kapiler darah pada ginjal lebih banyak. Pada uretra terdapat dua buah sfingter yaitu sfingter uretra eksterna dan interna di mana sfingter uretra interna bekerja di bawah sadar sedangkan sfingter uretra eksterna di luar sadar. Maka ketika proses miksi, sfingter uretra interna inilah yang berfungsi untuk menahan keluarnya urin. Uretra terdiri atas uretra posterior dan uretra anterior. Uretra posterior pada vertebrata jantan (seperti manusia pria) terdiri atas uretra pars prostatika yang dilingkupi oleh kelenjar prostat dan uretra pars membranasea. Pada uretra anterior dibungkus oleh korpus spongiosum penis, terdiri atas pars bulbosa, pars pendularis, fossa navikularis dan meatus uretra eksterna. (Purnomo, 2008)

Pada bagian inferior tubuli-tubuli di depan rectum yang membungkus uretra posterior terdapat suatu kelenjar yaitu kelenjar prostat. Di bagian skrotum pada pria terdapat sebuah organ genitalia terdapat testis yang dibungkus oleh jaringan tunika albugenia. Epididimis pada organ genitalia pria terdiri atas caput, corpus dan cauda epididimis. Sedangkan vas deferens berbentuk tabung kecil bermula dari kauda epidimis dan berakhir pada duktus ejakulatorius di uretra posterior. Di dasar tubuli-tubuli dan di sebelah cranial kelenjar prostat terdapat vesikula seminalis. Penis terdiri atas tiga buah corpora berbentuk silindris yaitu 2 buah corpora cavernosa dan sebuah corpus spongiosum dan di bagian proksimal terpisah menjadi dua sebagai crus penis. Setiap crus penis dibungkus oleh ishio-kavernosus yang kemudian menempel pada rami osis ischii. (Purnomo, 2008)

Sistem urinaria, adalah suatu sistem dimana terjadinya proses penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih dipergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan berupa urin (air kemih).

Sistem pembuangan air dan hasil metabolisme diatur dan disaring oleh ginjal *(kidney),* sehingga ginjal ini berfungsi pula sebagai pengatur keseimbangan asam-basa dan keseimbangan osmose bagi cairan tubuh. Hasil penyaringan air dan sisa metabolik pada ginjal adalah asam urat yang dibuang bersama urine bercampur dengan feces, sehingga dinamakan ekskreta. Tempat keluar dari pembuangan ini dinamakan urodeum. Urine yang dihasilkan oleh apparatus urinary di kidney bersifat volumineus yang mempunyai 3 lobang, diantara tulang pelvis, lumbal dan sacral. Dua dari 3 lubang diantaranya untuk ureter yang mengalirkan urine ke kloaka.

Sisa-sisa metabolisme zat-zat makanan yang telah diserap oleh dinding usus dikeluarkan dan tubuh organisme melalui berbagai cara. Demikian pula halnya dengan kelebihan elektrolit dan air. Ginjal adalah salah satu di antara alat pengeluaran yang sangat besar peranannya dalam mengeluarkan sisa-sisa metabolisme protein dan asam nukleat dan kelebihan elektrolit serta air. Alat lain yang terdapat pada hewan tertentu yaitu kelenjar garam berperan menyingkirkan kelebihan elektrolit dalam tubuhnya yang selalu berlebih berhubung dengan kondisi lingkungan tempat hidupnya.

Memahami bagaimana sistem perkencingan yang membantu mempertahankan homeostasis dengan mengeluarkan zat-zat yang merugikan dari darah dan mengatur keseimbangan air dalam tubuh adalah bagian penting dalam fisiologi ginjal. Ginjal merupakan bagian utama sistem perkencingan, terdiri atas berjuta-juta nefron yang berfungsi sebagai unit penyaring tunggal dan merupakan struktur yang rumit. Ureter, uretra dan kandung kemih melengkapi sistem yang rumit ini.

Darah disaring oleh dua ginjal yang menghasilkan air seni, cairan yang mengandung zat beracun dan hasil buangan. Dari setiap ginjal, air seni mengalir melalui pipa ureter, menuju kandung kemih, untuk disimpan sampai dikeluarkan dari dalam tubuh lewat pipa lain, yaitu uretra.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Menyebutkanfungsi dasar sistem perkemihan

b. Memahami bagian-bagian sistem perkemihan dan fungsi dasarnya

c. Mengetahui tiga proses pada nefron

d. Menjelaskan sistem Urinaria.

2. Uraian Materi

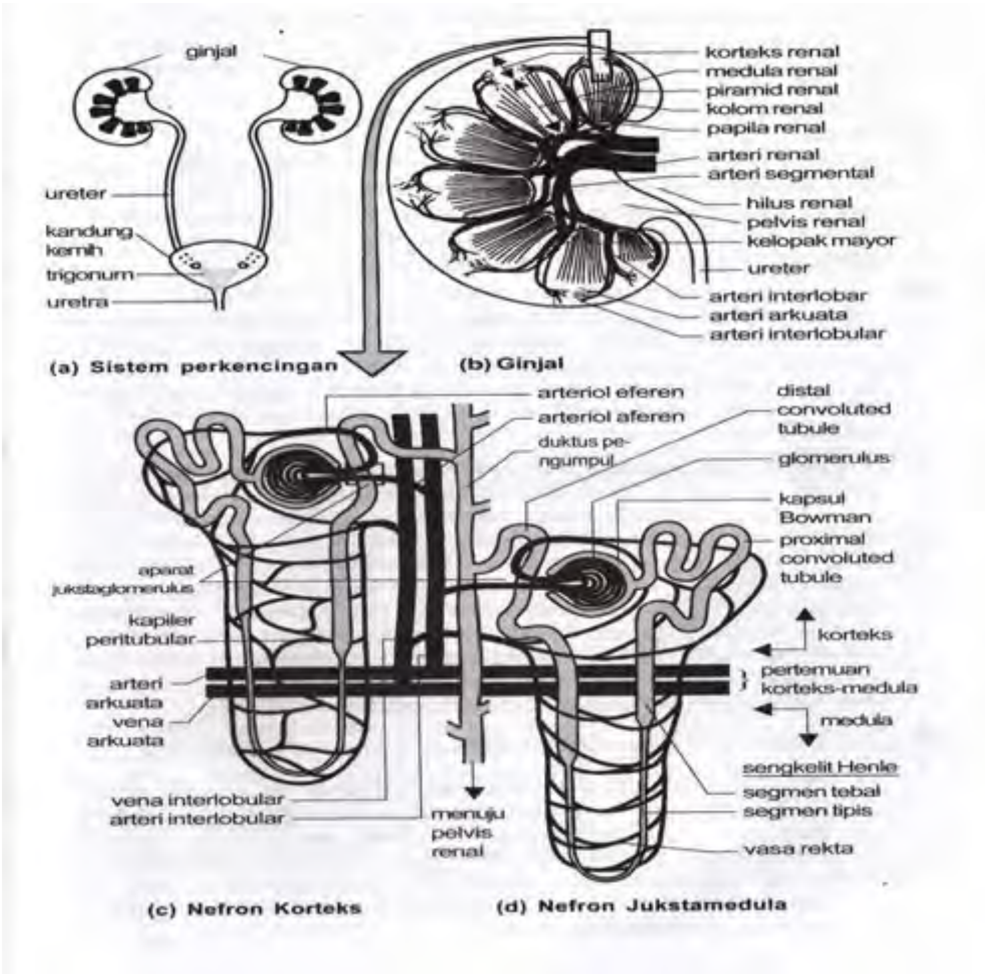
Memahami bagaimana sistem perkencingan yang membantu mempertahankan homeostasis dengan mengeluarkan zat-zat yang merugikan dari darah dan mengatur keseimbangan air dalam tubuh adalah bagian penting dalam fisiologi. Ginjal merupakan bagian utama sistem perkencingan terdiri atas berjuta-juta nefron yang berfungsi sebagai unit penyaring tunggal dan merupakan struktur yang rumit. Ureter, uretra dan kandung kemih melengkapi sitem yang rumit ini.

Sistem perkencingan membantu mempertahankan homeostasis dengan cara mengatur keseimbangan air dan mengeluarkan zat-zat yang merugikan dari darah. Darah disaring oleh dua ginjal, yang menghasilkan air seni, cairan yang mengandung zat beracun dari hasil buangan. Dari setiap ginjal, air seni mengalir melalui pipa ureter, menuju kandung kemih, untuk disimpan sampai dikeluarkan dari dalam tubuh lewat pipa lain yaitu uretra.

a. Nefron

Ginjal terdiri atas satu juta unit penyaring tunggal yang disebut nefron. Setiap nefron terdiri atas alat penyaring, korpuskula renal (renal curpuscle) dan tabung pengumpul dan penghimpun air seni yaitu tubulus renal.

Korpuskula renal adalah gabungan dari dua struktur, glomerulus dan kapsul bowman, yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 24. (a)Sistem perkencingan, (b)ginjal, (c)nefron korteks, dan (d)nefron jukstamedula ginjal

"CliffsQuaickReview Anatomi dan Fisiologi (Phillip E. P, 2010)".

Glomerulus adalah bola kapiler rapat tau (kapiler glomerulus) yang bercabang dari arteriol aferen yang memasuki nefron. Karena darah pada kapiler glomerulus bertekanan tinggi, zat pada darah yang sangat kecil dapat melewati pori-porinya(fenestra atau fenestra endotelium) didinding kapiler dan didorong keluar menuju kapsul bowmwn yang mengelilinginya. Kapiler glomerulus bersatu dan sisa darah keluar dari glomerulus lewat arteriol eferen.

Kapsul Bowman adalah badan berbentuk cangkir yang mengelilingi glomerulus dan mengumpulkan material(filtrat)yang didorong dari kapiler glomerulus. Filtrat dikumpulkan di dalam kapsul Bowman, ruang kapsul Bowman, daerah yang dibatasi oleh lapisan visera dalam (yang menghadap glomerulus) dan lapisan varietal luar. Lapisan viseral terdiri atas sel epitelium sisik sederhana yang dimodifikasi, disebut podosit, yang memiliki cabang taju teratur yang disebut pedisel. Pedisel bergabung dengan kelompok podosit membentuk jaringan rapat yang melapisi kapiler glomerulus. Daerah diantara pedisel yang disebut lubang filtrasi, merupakan lubang menuju daerah kapsul yang memungkinkan filtrat masuk ke dalam kapsul Bowman.

Tubulus renal terdiri atas tiga bagian

Bagian pertama proximal comvoiluted tubuler atau PCT(saluran kelok mendekat) keluar dari kapsul Bowman sebagai tabung berkelok-kelok pada kortek renal. Dinding PCT terdiri atas sel kubus yang mengandung banyak mitokondria dan menuju mikrovilli, yang menghadap lumen atau (rongga interior). Daerah berenergi tinggi dan mempunyai permukaan luas pada sel-sel ini berfungsi untuk penyerapan kembali dan sekresi. Bagian tengah tubulus loop Henle, berbentuk seperti jepit rambut terdiri atas pars descendens menuju medula renal dan pars ascendens menuju kortek renal. Saat loop menurun tubulus tiba-tiba menyempit, membentuk segmen tipis pada loop tersebut. Perlahan–lahan loop melebar pada pars ascendens, membentuk segmen tebal dalam loop tersebut. Sel-sel pada loop

Henle bervariasi mulai dari epitelium sisik sederhana (pars descendens dan segmen tipis pars ascendens)sampai epitelium kubus dan epitelium pilar rendah (bagian tebal dari pars ascendens) sampai epitelium kubus dan epitelium pilar rendah(bagian tebal dari pars ascendens) dan hampir seluruhnya tidak ada mikrovilli. Bagian air, distal convoluted tubule/DTC (saluran kelok distal) berputar di dalam kortek renal menuju (mengosongkan diri)ke duktus pengumpul. Disini sel berbentuk kubus dan mengandung sedikit mikrovilli. Tubulus renal dari nefron yang berdekatan mengosongkan air seni dalam duktus pengumpul tunggal. Disini dan dibagian akhir DCT, terdapat dua jenis sel. Sel utama yang jumlahnya lebih banyak bereaksi terhadap hormon adosteron dan hormon anti dioretik (ADH) dan sel sisipan menyekskresi H^+ berbagai duktus pengumpul di dalam piramid medula bersatu emembentuk duktus papila, yang kemudian masuk ke dalam kelopak minor pada pelvis renal lewat papila renal. Air seni terkumpul direnal pelvis dan keluar dari ginjal lewat ureter. Arteriol aferen yang membawa darah dari glomerulus bercabang membentuk kapiler peritubular. Kapiler-kapiler ini terdapat pada bagian tubulus renal yang berada dikortek renal. Di bagian loop Henle yang menutun ke medula renal, kapiler membentuk loop lain yang bernama vasa rektal, yang bersimpangan dengan pars ascenden dan pars descenden. Kapiler peritubular mengumpulkan air dan nutrien dari filtrat tubulus. Kapiler peri tubular juga melepaskan zat yang disekresi ke dalam tubulus untuk bersatu dengan membentuk air seni. Kapiler akhirnya bergabung menjadi vena interlobular yang membawa darah keluar dari nefron. Perhatikan bahwa darah mengalir melalui nefron sebenarnya melewati dua jaringan yang terpisah glomerulus dan jaringan kapiler yang mengelilingi tubulus renal.

Ada dua macam nefron :

Nefron korteks (cortical nephrons)mewakili kira-kira 85% nefron ginjal, mempunyai :

1) LoopHenle yang sedikit menurun ke renal medula (lihat gambar 1).

2) Nefron jukstamedula (juxtamedullary nephrons) mempunyai loop Henle panjang yang turun ke dalam renal medula. Hanya nefron jukstamedula yang mempunyai vasa rekta yang melintangi loop Henlenya (mengacu pada gambar 1).

Aparat jukstaglomerulus adalah daerah pada nefron dimana arteriol aferen dan bagian awal dari distal convoluted tubule berada dalam jarak dekat. Disini sel otot polos khusus pada arteriol aferen, yang disebut sel granular juksta glomerulus (JG), adalah sel mekano reseptor yang memantau tekanan darah di arteriol aferen. Pada distal convoluted tubule yang berdekatan, sel khusus yang disebut makula densa, adalah kemoreseptor yang memantau konsentrasi Na^+ dan Cl^- pada air seni di dalam tubulus. Sel-sel ini membantu mengatur tekanan darah dan produksi air seni pada nefron.

Pada mamalia seperti manusia dan ruminansia, operasi nefron terdiri atas tiga proses:

1) Filtrasi glomerulus.

2) Reabsorpsi (penyerapan kembali) tubular.

3) Sekresi tubular.

Tiga proses ini, yang menentukan jumlah dan kualitas air seni.

b. Anatomi Ginjal

Ginjal dikelilingi oleh tiga lapisan jaringan:

1) Fasia renal adalah lapisan luar tipis yang terdiri atas jaringan ikat serat yang mengelilingi setiap ginjal dan kelenjar adrenal

yang menempel, dan mengikatkannya pada struktur disekitarnya.

2) Kapsul adiposa adalah lapisan tengah adiposa/lemak yang melapisi ginjal.

3) Kapsul renal adalah membran penyerabut dalam yang mencegah masuknya infeksi.

Di dalam ginjal terdapat tiga daerah utama seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

Filtrasi glomerulus

Ketika darah memasuki glomerulus, air dan zat yang terlarut didorong menuju kapsula Bowman. Pergerakan sel dan molekul tertentu dibatasi sebagai berikut:

1) Fenestra (pori-pori) endotelium kapiler berukuran besar, memungkinkan semua komponen plasma darah melewatinya kecuali sel darah.

2) Membran dasar terdiri atas material ekstraseluler yang terdapat diantara endotelium kapiler dan lapisan visera Bowman mencegah masuknya protein besar ke dalam kapsula Bowman.

3) Lubang filtrasi diantara pedisel podosit mencegah lewatnya protein berukuran sedang ke kapsula Bowman.

Tekanan filtrasi bersih (NFP=net filtrasion pressure) menentukan jumlah filtrat yang didorong ke kapsula Bowman. NFP diperkirakan sebesar 10 mm Hg, adalah jumlah tekan yang meningkatkan jumlah filtrasi dikurangi jumlah yang menghalangi filtrasi. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi NFP yaitu:

1) Tekanan hidrostatik glomerulus yaitu tekanan darah di dalam glomerulus yang meningkatkan filtrasi.

2) Tekanan osmosis glomerulus menghalangi filtrasi. Tekanan ini terjadi sebagai hasil pergerakan air dan zat terlarutnya keluar dari kapiler glomerulus, sementara protein dan sel darah tetap tinggal. Ini mengurangi konsentrasi air di glomerulus dan mendorong kembalinya air ke glomerulus secara osmosis.

3) Tekana hidrostatik kapsul menghalangi filtrasi. Tekanan ini terjadi ketika air berkumpul di kapsula Bowman. Semakin banyak air berkumpul dalam kapsul semakin besar pula tekanannya.

GFR/glomerular filtrasion rate (laju filtrasi glomerulus) adalah laju akumulasi filtrat secara kolektif di dalam kapsula Bowman setiap nefron. GFR, kira-kira 125 ml/menit(180 liter/hari), pengaturannya sebagai berikut:

a) Pengaturan sendiri oleh dinjal (renal autoregulation) adalah kemampuan ginjal untuk mempertahankan GFR tetap konstan walaupun tekanan darah dalam tubuh berfluktuasi. Pengaturan sendiri dicapai oleh sel di dalam aparat juktaglomerulus yang mengurangi atau menambah sekresi zat vasokontriktor yang memperbesar atau memperkecil (dilatasi atau kontriksi)masing-masing arteriol aferen.

b) Pengaturan GFR oleh neuron terjadi ketika serat vasokonstriktor pada sistem syaraf simpatik memperkecil arteriol aferen. Rangsangan semacam ini dapat terjadi selama latihan, tekanan atau kondisi berkelahi atau lari , yang menyebabkan berkurangnya produksi air seni.

c) Pengaturan GFR oleh hormon dilakukan oleh mekanisme renin angiotensinogen. Ketika sel aparat juktaglomerulus mengenali berkurangnya tekanan darah di arteriol aferen atau berkurangnya kadar Na^+ dan Cl^- dalam larutan di bagian distal tubulus, sel tersebut mengeluarkan enzim renin. Renin mengubah angiotensinigen (protein plasma yang dihasilkan

oleh hati)menjadi angiotensinogen I. Kemudian angiotensinogen I diubah menjadi angiotensinogen II oleh ACE (angiotensinconverting enzim), enzim yang terutama dihasilkan oleh endotelium kapiler dalam paru-paru. Angiotensinogen II bersirkulasi dalam darah dan menaikkan GFR dengan cara memperkecil pembuluh darah di seluruh tubuh, menyebabkan meningkatnya tekanan darah, memperkecil arteriol aferen, dan merangsang korteks adrenal untuk menyekresi aldosteron, hormon yang menambah tekanan darah dengan mengurangi keluar air oleh ginjal.

Reabsorpsi tubular

Pada ginjal yang sehat, hampir semua zat organik yang dibutuhkan (protein, asam amino, dan glukosa) direabsorpsi oleh sel yang melapisi tubulus renal. Zat ini kemudian bergerak menuju kapiler peritubular yang mengelilingi tubulus. Sebagian besar air kurang lebih 99% dan banyak ion diserap kembali, tetapi jumlah ini diatur sehingga volume darah, tekanan dan konsentrasi ion dipertahankan pada tingkat yang dibutuhkan untuk menjaga homeostasis.

Zat yang direabsorpsi bergerak dari lumen tubulus ke lumen kapiler peritubular. Tubulus renalis mempunyai tiga membran yaitu

1) Membran luminal atau bagian tepi sel tubulus yang menghadap ke lumen tubulus.
2) Membran basolateral atau bagian tepi samping sel tubulus yang menghadap cairan selitan.
3) Endotelium kapiler.

Sambungan ketat di antara sel tubulus mencegah zat keluar dari antar sel. Pergerakan zat keluar dari tubulus harus melewati sel, baik dengan proses transport aktif (membutuhkan ATP) atau dengan dengan proses transpor pasif. Begitu berada di luar tubulus dan di

dalam cairan selitan, zat bergerak ke kapiler peritubular atau vasa rekta dengan proses pasif.

Reabsorpsi sebagian besar zat dari tubulus ke cairan selitan membutuhkan protein transport yang terikat membran untuk membawa zat ini ke dalam membran sel tubulus dengan transport aktif. Ketika seluruh protein transport yang tersedia digunakan semua, kecepatan reabsorpsi mencapai transport maksimum (Tm), dan zat yang tidak dapat dipindahkan hilang dalam air seni.

Berikut ini adalah mekanisme yang mengatur reabsorpsi tubular yaitu:

1) Transport aktif Na^+(PCT, DTC, duktus pengumpul). Karena konsentrasi membran Na^+ di dalam sel tubulus rendah, Na^+ memasuki ke tubulus (di depan membran luminal) secara difusi pasif. Disisi lain sel tubulus, membran basolateral membawa protein yang berfungsi sebagai pompa natrium-kalium(Na^+ - K^+). Pompa ini menggunakan ATP untuk mengekspor Na+ secara serentak sementara mengimpor K^+. Karena itu , Na^+ di dalam sel tubulus dibawa keluar sel ke dalam cairan selitan oleh transpor aktif, Na^+ pada cairan selitan kemudian memasuki kapiler secara difusi pasif. (K^+ yang dipindah ke dalam sel berpindah kembali ke cairan selitan secara pasif). K^+ yang dipindah ke dalam sel berpindah kembali ke cairan selitan secara pasif.

2) Transport simporter (transport aktif sekunder) atau nutrien dan ion (PCT, loop Henle). berbagai nutrien seperti glukosa, asam amino, dan ion tertentu(K^+ dan Cl^-)pada pars ascenden tebal loop Henle di transpor ke dalam sel tubulus oleh aksi simporter Na^+ dan molekul lain seperti glukosa disepanjang membran dengan arah yang sama. Pergerakan glukosa dan nutrien lain dari lumen tubulus ke sel tubulus terjadi dengan cara ini. Proses ini membutuhkan kadar Na^+ rendah di dalam sel, kondisi yang

dipertahankan oleh pompa Na^+ -K^- yang beroperasi pada membran basolateral sel tubulus. Pergerakan nutrien ke dalam sel dengan mekanisme ini disebut transport aktif sekunder, karena mekanisme yang membutuhkan ATP adalah pompa Na^+-K^- dan bukan simporternya itu sendiri. Begitu berada di dalam sel tubulus, nutrien bergerak ke cairan selitan menuju kapiler dengan proses pasif.

3) Transpor pasif H_2O secara osmosis (PCT, DCT). Pengumpulan Na^+ di kapiler peritubular menciptakan gradien konsentrasi yang dapat memindahkan air secara pasif dari tubulus ke kapiler secara osmosis. Reabsorpsi Na^+ secara transpor aktif diikuti reabsorpsi H_2O secara transpor pasif, proses yang disebut reabsorpsi H_2O wajib.

4) Transporpasif zat terlarut lain dilakukan secara difusi(PCT, DCT, dan duktus pengumpul). Ketika H2O bergerak dari tubulus ke kapiler, berbagai zat terlarut seperti K^+, Cl^-, HCO_3, dan urea menjadi lebih terkonsentrasi di tubulus. Akibatnya zat terlarut ini mengikuti air, bergerak secara difusi dari tubulus menuju kapiler dimana konsentrasinya lebih rendah, proses yang disebut tarikan zat terlarut. Juga akumulasi ion Na^+ bermuatan positip pada kapiler menciptakan gradien elektrik yang menarik ion bermuatan negatif secara difusi (Cl, HCO_3).

5) H_2O dan transport zat terlarut diatur oleh hormon (DCT dan duktus pengumpul). Permeabilitas DCT dan duktus pengumpul serta reabsopsi resultan H_2 O dan Na^+ diatur oleh dua hormon yaitu

   a) Aldosteron menambah reabsorpsi Na^+ dan H_2O dengan merangsang pertambahan jumlah protein pompa Na^+ -K^+ di sel utama yang membatasi DCT dan duktus pengumpul.

b) Hormon antideuretik (ADH) menambah reabsorpsi H_2O dengan merangsang pertambahan jumlah protein saluran H_2O(channel proteins) pada sel utama di duktus pengumpul.

Sekresi tubular

Berlawanan dengan reabsorpsi tubular,yang mengembalikan zat ke dalam darah, sekresi tubular mengambil zat dari darah dan menyekresikan ke dalam filtrat. Zat yang disekresi termasuk H^+, K^+, NH^{4+} (ion amonium), kreatinin (produk buangan kontraksi otot), dan bermacam zat lain (termasuk penisilindan obat-obatan lain). Sekresi terjadi di bagian PCT, DCT, dan duktus pengumpul. Berikut sekresi tubuler yang terjadi dalam tubuh:

1) Sekresi H^+ karena berkurangnya H^+ menyebabkan kenaikan pH penurunan keasaman, sekresi H^+ ke tubulus renal adalah sebuah mekanisme untuk meningkatkan pH darah. Berbagai asam yang dihasilkan oleh metabolisme sel berakumulasi di dalam darah dan harus dinetralkan dengan menghilangkan H^+. Selain itu, CO_2, yang juga merupakan produk samping metabolisme, bergabung dengan air dikatalisis oleh enzim karbonat anhidrase untuk menghasilkan asam karbonat(H_2CO_3) yang berdisosiasi untuk menghasilkan H^+ sebagai berikut.
2) CO_2 + H_2O fl‡ H_2CO_3fl‡H^+ + HCO_3
3) Reaksi kimia ini terjadi di kedua sisi tergantung pada jumlah konsentrasi berbagai reaktan. Akibatnya, bila HCO_3 bertambah dalam darah, HCO_3 berfungsi sebagai penyangga H^+, bereaksi dengan HCO_3 secara efektif menghilangkannya untuk menghasilkan CO_2dan H_2O. Pertambahan tingkat keasaman dalam darah, dapat diganti dengan baik dengan membuang H^+ dari darah atau dengan menambah HCO_3 ke dalam darah untuk menyangga H^+ yaitu untuk bereaksi dengan H^+ dan menetralkan efeknya.

Dalam kenyataannya , sekresi H^+ renal menambah jumlah pH dengan metode terakhir ini.

4) CO_2 pada sel tubular di duktus pengumpul bereaksi dengan H_2O untuk membentuk H^+ dan HCO_3. CO_2 dapat berasal dari sel tubular atau dapat mememasuki sel-sel ini dengan berdifusi dari tubulus renal, cairan selitan atau kapiller peritubular. Didalam sel tubulus, enzim antiporter Na^+ -H^+ yang menggerakkan zat yang dipindahkan kearah yang berlawanan, menggerakkan H^+ menyeberang membran luminal, masuk ke dalam tubulus, sementara memasukkan Na^+. Di dalam tubulus, H^+ dapat bergabung dengan beberapa penyangga yang memasuki tubulus sebagai filtrat (HCO^3, NH_3 atau HPO_4). Jika HCO_3 adalah penyangganya, maka H_2CO_3 terbentuk menghasilkan H_2O dan CO_2. CO_2 kemudian memasuki sel tubular di mana CO_2 bergabung dengan H_2O kembali. Jika H^+ bereaksi dengan penyangga lain, H^+ akan dikeluarkan lewat air seni. Apapun yang terjadi pada H^+ di dalam tubulus, HCO_3 yang dihasilkan pada langkah pertama dipindahkan di sepanjang membran basolateral oleh antiporter HCO_3Cl^-, HCO_3 memasuki kapiler peritubular dimana HCO_3 bereaksi dengan H^+ dalam darah dan meningkat kan pH darah. Perhatikan bahwa pH darah meningkat dengan menambahkan HCO_3 ke dalam darah, bukan dengan menghilangkan H^+.

5) Sekresi NH_3, ketika asam amino dipecah, reaksi menghasilkan NH_3 yang berracun. Hati mengubah sebagian besar NH_3 menjadi urea, zat yang kurang beracun. Keduanya memasuki filtrat selama filtrasi glomerulus, dan dikeluarkan dalam air seni. Tetapi ketika tingkat keasaman darah tinggi, sel tubulus memecahkan asam amino glutamat, menghasilkan NH_3 dan HCO_3. NH_3 bereaksi dengan H^+ membentuk NH^4 yang dipindahkan menyeberangi membran luminal oleh antiporter Na^+ dan dikeluarkan dalam air seni. HCO_3 bergerak ke dalam darah (seperti yang dibahas pada sekresi H^+ diatas) dan menaikkan pH darah.

6) Sekresi K^+, hampir semua K^+ di dalam filtrat diserap kembali selama reabsorpsi tubular. Ketika jumlah yang direabsorpsi melebihi jumlah yang dibutuhkan tubuh, kelebihan K^+ disekresi kembali kefiltrat di duktus pengumpul dan di bagian akhir DCT. Karena aldosteron merangsang penambahan pompa Na^+ -K^+, sekresi K^+(dan juga reabsorpsi Na^+) bertambah karena aldosteron.

Pengaturan Kadar Air Seni

Loop Henle pada nefron jukstamedula adalah alat yang memungkinkan nefron untuk mengumpulkan air seni. Loop ini merupakan *countercurrent multiplier system* dimana cairan bergerak dengan arah yang berlawanan menembus dinding semi permeabel yang bersebelahan. Zat dipindahkan secara horizontal oleh mekanisme aktif atau pasif, dari satu tabung ke tabung lain. Pergerakan zat yang dipindahkan tersebut menaiki dan menuruni tabung mengakibatkan kadar zat di bagian bawah tabung lebih tinggi dari pada di bagian atas. Rincian proses tersebut dijelaskan berikut ini dan juga ditunjukka pada gambar 2.

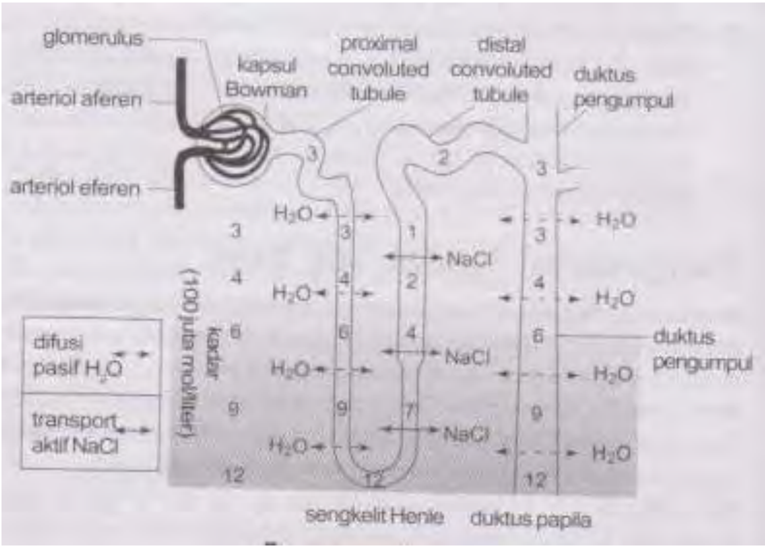
1) Pars descenden loop Henle bersifat permeabel terhadap H_2O, sehingga H_2O berdifusi keluar menuju cairan yang mengelilinginya. Karena loop ini bersifat impermeabel(tidak dapat dilalui) terhadap Na^+ dan Cl^- dan karena ion tersebut tidak dipompa keluar oleh transport aktif, maka Na^+ dan Cl^+ tetap tinggal di dalam loop.

2) Ketika cairan melanjutkan perjalanan pada pars descenden loop, cairan tersebut menjadi lebih pekat, karena air secara terus-menerus berdifusi keluar. Konsentrasi maksimum terjadi di bagian bawah loop.

3) Pars ascenden pada loop Henle bersifat impermeabel terhadap air, tetapi Na^+ dan Cl^- dipompa keluar ke cairan disekitarnya dengan transport aktif

4) Ketika cairan bergerak menaiki pars ascenden, cairan tersebut menjadi kurang pekat karena Na^+ dan Cl^- dipompa ke luar. Dipuncak pars ascenden, cairan tersebut hanya sedikit lebih pekat dibandingkan dengan cairan yang berada di bagian atas pars descenden. Dengan kata lain, hanya terdapat sedikit perubahan konsentrasi cairan di dalam tubulus sebagai hasil perpindahan material pada loop Henle.

5) Tetapi pada cairan yang mengelilingi loop Henle, terdapat gradien kadar garam(Na^+, Cl^-), dengan konsentrasi yang bertambah dari atas sampai ke bawah loop.



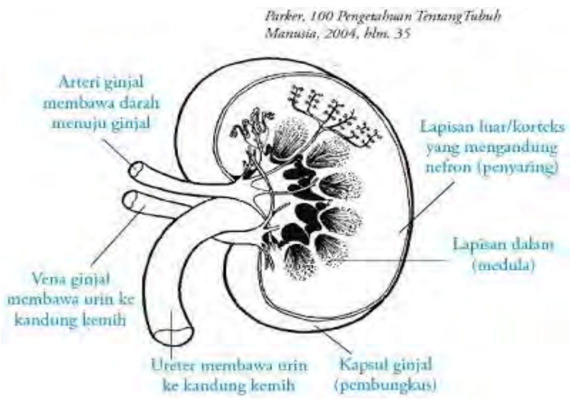
Gambar 25: Loop merupakan sebuah *countercurrent multipliersystem* di mana cairan bergerak ke arah yang berlawanan menembus tabung –tabung semipermeabel yang berdempetan. Proses ini mengatur kadar air seni. (Sumber:Philip E. P. 2010)

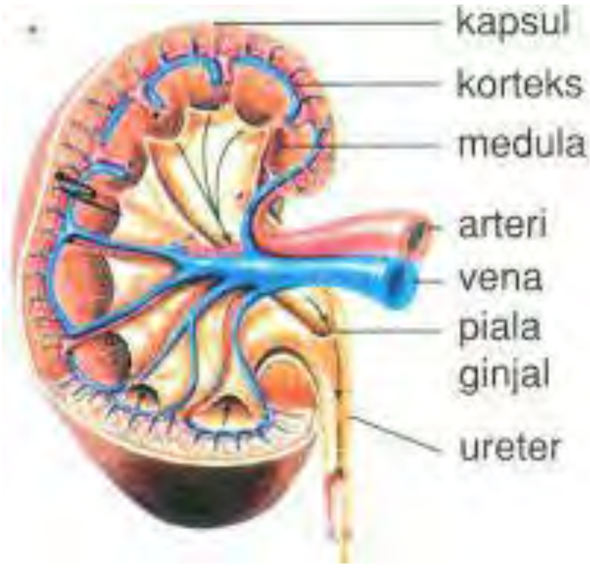
6) Cairan pada pada bagian atas duktus pengumpul mempunyai kadar garam yang sama dengan bagian awal loop Henle (sebagian

air diserap kembali di dalam DCT). Ketika cairan tersebut turun ke duktus pengumpul, duktus tersebut menjadi terbuka terhadap gradien garam yang mengelilinginya yang dihasilkan oleh loop Henle. Tanpa ADP, duktus pengumpul bersifat impermeabel terhadap H_20. Ada dua kemungkinan yang dapat terjadi:

a) Jika konservasi air diperlukan, ADH merangsang pembukaan saluran air pada duktus pengumpul, memungkinkan H_2O berdifusi keluar duktus menuju cairan di sekitarnya. Hasilnya adalah air seni yang pekat(mengacu pada gambar 2).
b) Jika konservasi air tidak diperlukan, ADH tidak disekresi dan duktus pengumpul tetap impermeabel terhadap H_2O. Hasilnya adalah air seni yang encer.

Vasa rekta membawa o_2 dan nutrien ke sel-sel di loop Henle. Vasa rekta, seperti kapiler lain, bersifat permeabel terhadap H_2O dan garam, dan dapat mengubah gradien garam yang dihasilkan oleh loop Henle. Untuk menghindari hal ini, vasa rekta juga berfungsi sebagai *counter current multiplier system*. Ketika vasa rekta turun(descenden) ke medula renal, air berdifusi keluar di cairan sekelilingnya, dan garam berdifusi masuk. Ketika vasa rekta naik (ascenden), hal yang sebaliknya terjadi. Akibatnya, kadar garam divasa rekta selalu sama dengan cairan di sekelilingnya, dan gradien garam yang dihasilkan oleh loop Henle tetap stabil.





Gambar26. Bagian bagian dari ginjal

Sumber:..

1) Kortek renal membatasi sisi cembung .

2) Medula renal berdampingan dengan kortek renal. Medula renal terdiri atas daerah-daerah berlapis berwujud kerucut yang disebut piramid renal(medulary piramid) yang puncaknya disebut papila renal menghadap ke dalam. Daerah tak berlapis diantara piramid renal disebut kolom renal.

3) Sinus renal adalah rongga yang berdampingan dengan medula renal. Sisi lain dari sinus renal yang membatasi permukaan cekung ginjal terbuka ke arah luar melalui hilus renal. Ureter, syaraf dan pembuluh darah dan limfa masuk keginjal melalui permukaan cekung melalui hilus renal. Didalam sinus renal terdapat pelvis renal, struktur berbentuk cerobong yang bersatu dengan ureter. Pelvis renal membentuk cabang yang disebut kelopak mayor dan kelopak minor yang memanjang ke medula renal dan berbatasan dengan piramid renal.

Pasokan darah dan syaraf

Karena fungsi utama ginjal adalah untuk menyaring darah, darah kaya oksigen dibawa oleh arteri renal besar. Arteri renal untuk setiap ginjal memasuki setiap hilus renal dan secara terus-menerus bercabang ke arteri segmental, arteri lobar dan arteri interlobar yang melewati daerah di antara piramid renal menuju korteks renal. Kemudian arteri interlobar bercabang ke arteri arkuata, yang melengkung melewati tempat-tempat persimpangan korteks dan medulla. Cabang-cabang arteri arkuata, yang disebut arteri interlobular, menembus korteks renal, dimana arteri tersebut bercabang kembali menjadi arteriol aferen, yang memasuki mekanisme penyaringan atau glomerulus nefron.

Darah yang meninggalkan nefron keluar dari ginjal lewat vena melewati jalur yang sama, hanya arahnya terbalik dengan arteri yang membawa darah. Vena interlobular, arkuata, interlobar dan vena segmental secara terus menerus bersatu dan keluar sebagai vena renal tunggal.

Syaraf otonum dari pleksus renal mengikuti arteri renal ke dalam ginjal lewat hilus renal. Serat syaraf mengikuti pola bercabang-cabang arteri renal dan berfungsi sebagai serat vasomotor yang mengatur volume darah. Syaraf simpatetik mengecilkan arteriol (mengurangi keluar air seni), sedangkan serat parasimpatik yang lebih sedikit memperbesar arteriol(meningkatkan keluarnya air seni).

Ureter

Terdiri dari 2 saluran pipa masing – masing bersambung dari ginjal ke kandung kemih (vesika urinaria). Ureter sebagian terletak dalam rongga abdomen dan sebagian terletak dalam rongga pelvis. Lapisan dinding ureter terdiri dari :

- Dinding luar jaringan ikat (jaringan fibrosa).

- Lapisan tengah otot polos.
- Lapisan sebelah dalam lapisan mukosa.

Lapisan dinding ureter menimbulkan gerakan – gerakan peristaltik tiap 5 menit sekali yang akan mendorong air kemih masuk ke dalam kandung kemih (vesika urinaria).

Gerakan peristaltik mendorong urin melalui ureter yang dieskresikan oleh ginjal dan disemprotkan dalam bentuk pancaran, melalui osteum uretralis masuk ke dalam kandung kemih.

Ureter berjalan hampir vertikal ke bawah sepanjang fasia muskulus psoas dan dilapisi oleh pedtodinium. Penyempitan ureter terjadi pada tempat ureter meninggalkan pelvis renalis, pembuluh darah, syaraf dan pembuluh sekitarnya mempunyai syaraf sensorik.

Ureter merupakan saluran muscular yang mengalirkan urine dari pelvis ginjal menuju ke kandung kemih. Masing-masing ureter bergerak kearah kaudal dan menumpahkan isinya ke kandung kemih, di dekat bagian leher yang disebut trigone dan terbentuklah suatu katup untuk mencegah arus balik urine ke ginjal (Frandson, 1992).

Ureter merupakan pipa fibromuscular, yang ramping dan datar yang membawa urine dari ginjal ke kandung kemih. Ureter dimulai di pelvis renalis, yang menerima urine dari papila renalis. Ureter terletak di dorsal dari pembuluh spermatic interna pada jantan dan arteri-vena utero-ovarian pada betina (Frandson. 1992).

Mukosa membentuk lipatan-lipatan memanjang dengan epithel peralihan, lapisan sel lebih tebal dari pelvis renalis. Tunika propria terdiri dari jaringan ikat dimana pada kuda terdapat kelenjar tubuloalveolar yang bersifat mukous, dengan lumen agak luas.

Tunika muskularis tampak lebih tebal dari pelvis renalis, terdiri dari lapis dalam yang longitudinal dan lapis luar sirkuler, sebagian lapis luar ada yang longitudinal khususnya bagian yang paling luar. Dekat permukaan pada kandung kemih hanya lapis longitudinal yang nampak jelas.

Tunika adventisia terdiri dari jaringan ikat yang mengandung pembuluh darah, pembuluh limfe dan syaraf, ganglia sering terdapat didekatnya.

Selama urine melalui ureter komposisi pokok tidak berubah, hanya ditambah lendir saja.

Dinding ureter berlapis-lapis :

- Tunica mucosa: lapisan dari dalam ke luar sebagai berikut :epithelium transitional : pada calix 2 – 4 lapis, pada ureter 4-5 lapis, pada vesika urinaria 6-8 lapis.
- Tunica submucosa tidak jelas.
- Tunica adventitia , jaringan ikat longgar.
- Lamina propria berlembar 2.

Luar jaringan ikat padat tanpa papilla, mengandung serabut elastis dan sedikit noduli lymphaticus kecil-kecil . Dalam jaringan ikat longgar.

Kedua lapisan ini menyebabkan tunica mucosa ureter dan kandung kemih dalam keadaan kosong membentuk lipatan membujur. Tunica muscularis: otot polos, longgar saling dipisahkan oleh jaringan ikat longgar dan anyaman serabut elastis.

Otot membentuk 3 lapisan :

- Stratum longitudinale internum
- Stratum circulare

- Stratum longitudinale externum

Vesika Urinaria(Kandung kemih)

Kandung kemih merupakan kantong penampung urine dari kedua belah ginjal. Urine ditampung kemudian untuk dibuang secara periodik.

Bangun histologi : Mukosa memiliki epithel peralihan (transisional) yang terdiri dari 5-10 lapis sel pada yang kendor, apabila teregang (penuh urine) terdiri atas 3-4 lapis sel. Propria mukosa terdiri dari jaringan ikat, pembuluh darah, syaraf dan jarang terlihat limphonodulus atau kelenjar. Pada sapi tampak otot polos tersusun longitudinal, mirip muskularis mukosa.

Sub mukosa terdapat dibawahnya, terdiri dari jaringan ikat yang lebih longgar. Tunika muskularis cukup tebal terdiri dari lapis longitudinal dan sirkuler (luar), lapis paling luar sering tersusun secara memanjang, lapisan otot tidak tampak adanya pemisah yang jelas, sehingga sering tampak seolah-olah saling menjalin. Berkas-berkas otot polos di daerah trigonum vesika membentuk bangunan melingkar, mengelilingi muara ostium uretrae intertinum. Lingkaran otot itu disebut m. sphincter internus.

Lapis luar adalah serosa, berupa jaringat ikat longgar (jaringan areoler), sedikit pembuluh darah dan syaraf.

Kandung kemih merupakan organ muscular berongga yang ukuran dan posisinya tergantung pada jumlah urine yang ada di dalamnya. Kandung kemih yang kosong merupakan struktur yang berdinding tebal berbentuk seperti buah peer yang terletak pada alas pelvis. Jika kandung kemih terisi, dinding blader menjadi tipis dan bagian terbesar blader akan terdesak ke arah cranial masuk ke rongga abdominal. Peritonium menutupi bagian cranial dari blader

tergantung pada penuhnya blader itu. Bagian kaudalnya, di tutupi oleh fasia pelvis. Leher blader bersambung dengan uretra dan otot dinding blader bagian leher tersusun secara melingkar membentuk suatu spingter yang mengontrol lewatnya urine masuk ke uretra (Frandson, 1992).

Bagian kandung kemih terdiri dari :

1) Fundus yaitu bagian yang mengahadap kearah belakang dan bawah, bagian ini terpisah dari rektum oleh spatium rectosivikale yang terisi oleh jaringan ikat duktus deferent, vesika seminalis dan prostate.
2) Korpus yaitu bagian antara verteks dan fundus
3) Verteks bagian yang maju kearah muka dan berhubungan dengan ligamentum vesika umbilikalis.

Dinding kandung kemih terdiri dari beberapa lapisan yaitu, peritonium (lapisan sebelah luar), tunika muskularis, tunika submukosa, dan lapisan mukosa (lapisan bagian dalam).

Uretra

Uretra merupakan saluran sempit yang berpangkal pada kandung kemih yang berfungsi menyalurkan air kemih keluar.

Pada laki- laki uretra berjalan berkelok – kelok melalui tengah – tengah prostat kemudian menembus lapisan fibrosa yang menembus tulang pubis kebagian penis panjangnya ± 20 cm.

Uretra pada jantan terdiri dari :

1) Uretra Prostaria
2) Uretra membranosa
3) Uretra kavernosa

Lapisan uretra laki – laki terdiri dari lapisan mukosa (lapisan paling dalam), dan lapisan submukosa.

Uretra pada wanita terletak dibelakang simfisis pubisberjalan miring sedikit kearah atas, panjangnya ± 3 – 4 cm. Lapisan uretra pada wanita terdiri dari Tunika muskularis (sebelah luar), lapisan spongeosa merupakan pleksus dari vena – vena, dan lapisan mukosa (lapisan sebelah dalam). Muara uretra pada wanita terletak di sebelah atas vagina (antara klitoris dan vagina) dan uretra di sini hanya sebagai saluran ekskresi.

Uretra pelvis terentang mulai dari blader sampai ke busur askial. Pada hewan jantan, uretra pelvis menerima masuknya duktus deferens dan duktus yang berasal dari kelenjar kelamin aksesoris. Uretra pelvis dikelilingi oleh otot uretra seran lintang yang berhubungan dengan otot bulbospongiosum yang menyelimuti sebagian dari pars spongiosa di sekitar uretra penil. Sebuah pleksus vena membentuk jaringan kavernosa diantara selaput epitel dan otot sekitarnya. Mengelilingi uretra penile, jaringan kavernosa itu berkembang sempurna dan disebut korpus spongiosum penis. Korpus tersebut bersambungan dengan korpus spongiosus glandis pada bagian cranial dan dengan bulbosa penis pada bagian kaudal bulbus penis yang terletak di antara akar-akar penis, menerima darah dari arteri bulba. Perlekatan akar penis terhadap busur iskial disebut pizzel eye (Radiopuro. 1998).

Syaraf pada Ginjal

Sistem syaraf pada ginjal berasal dari fleksus renalis (vasomotor) syaraf ini berfungsi untuk mengatur jumlah darah yang masuk ke dalam ginjal, syaraf ini barjalan bersamaan dengan pembuluh darah yang masuk ke ginjal. Anak ginjal (kelenjar suprarenal) terdapat di

atas ginjal yang merupakan sebuah kelenjar buntu yang menghasilkan 2 (dua) macam hormon yaitu hormone adrenalin dan hormon kortison.

Proses Miksi (rangsangan berkemih)

Distensi kandung kemih, oleh air kemih akan merangsang stres reseptor yang terdapat pada dinding kandung kemih dengan jumlah ± 250 cc cukup untuk merangsang berkemih (proses miksi). Akibatnya akan terjadi reflek kontraksi dinding kandung kemih, pada saat yang sama terjadi relaksasi spingter internus, diikuti oleh relaksasi spingter eksternus, dan akhirnya terjadi pengosongan kandung kemih.

Rangsangan yang menyebabkan kontraksi kandung kemih dan relaksasi spingter interus dihantarkan melalui serabut – serabut para simpatis. Kontraksi spingter eksternus secara volunter bertujuan untuk mencegah atau menghentikan miksi. Kontrol volunter ini hanya dapat terjadi bila syaraf – syaraf yang menangani kandung kemih uretra medula spinalis dan otak masih utuh.

Bila terjadi kerusakan pada syaraf – syaraf tersebut maka akan terjadi inkontinensia urin (kencing keluar terus – menerus tanpa disadari) dan retensi urine (kencing tertahan).

Sistem syaraf dan peredaran darah dalam vesika urinaria, diatur oleh torako lumbar dan kranial dari sistem syaraf otonom. Torako lumbar berfungsi untuk relaksasi lapisan otot dan kontraksi spingter interna.

Peritonium melapis kandung kemih kurang lebih sampai batas ureter masuk kandung kemih. Peritoneum dapat digerakkan membentuk lapisan dan menjadi lurus apabila kandung kemih terisi penuh. Pembuluh darah Arteri vesikalis superior berpangkal dari umbilikalis bagian distal, vena membentuk anyaman dibawah kandung kemih.

Pembuluh limfe berjalan menuju duktus limfatikus sepanjang arteri umbilikalis.

Urine (Air Kemih)

1) Sifat – sifat air kemih

Jumlah eksresi dalam 24 jam ± 1. 500 cc tergantung dari masuknya (intake) cairan serta faktor lainnya

a) Warna bening muda dan bila dibiarkan akan menjadi keruh
b) Warna kuning terantung dari kepekatan, diet obat – obatan dan sebagainya
c) Bau khas air kemih bila dibiarkan terlalu lama maka akan berbau amoniak.
d) Berat jenis 1. 015 – 1. 020.
e) Reaksi asam bila terlalu lama akan menjadi alkalis, tergantung pada diet (sayur menyebabkan reaksi alkalis dan protein memberi reaksi asam)

2) Komposisi air kemih

a) Air kemih terdiri dari kira – kira 95 % air
b) Zat – zat sisa nitrogen dari hasil metabolisme protein asam urea, amoniak dan kreatinin
c) Elektrolit, natrium, kalsium, NH3, bikarbonat, fosfat dan sulfat
d) Pigmen (bilirubin, urobilin)
e) Toksin
f) Hormon

Mikturisi

Miktruisi merupakan gerak reflek yang dapat dikendalikan dan dapat ditahan oleh pusat – pusat syaraf yang lebih tinggi dari manusia, gerakannya dipengaruhi oleh kontraksi otot abdominal yang menekan kandung kemih untuk membantu mengosongkannya.

Jumlah urin telah ada 170-23 ml, penambahan tekanan karena adanya peristiwa penggabungan urin yang mengalir melalui ureter sehingga menyebabkan keinginan untuk mengeluarkan urin.

Ciri- ciri urine normal

Rata – rata volume urin dalam satu hari 1 – 2 liter, tapi berbeda – beda sesuai dengan jumlah cairan yang masuk. Warnanya bening kekuningan tanpa endapan, baunya tajam, reaksinya sedikit asam terhadap lakmus dengan pH rata – rata 6.

Tes Fungsi Ginjal Terdiri Dari :

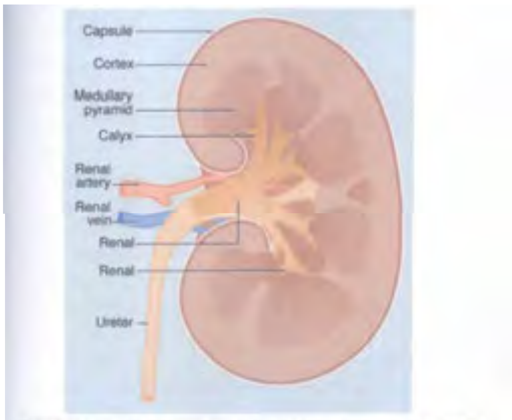
1. Tes untuk protein albumin

   Bila kerusakan pada glomerolus atau tubulus, maka protein dapat bocor masuk ke dalam urine
2. Mengukur konsentrasi urenum darah

   Bila ginjal tidak cukup mengeluarkan urenum maka urenum darah naik di atas kadar normal (20 – 40) mg%.
3. Tes konsentrasi

   Dilarang makan atau minum selama 12 jam untuk melihat sampai seberapa tinggi berat jenisnya naik

c. Anatomi Urinaria Vertebrata



Gambar 27. Struktur ginjal vertebrata (Beckett)

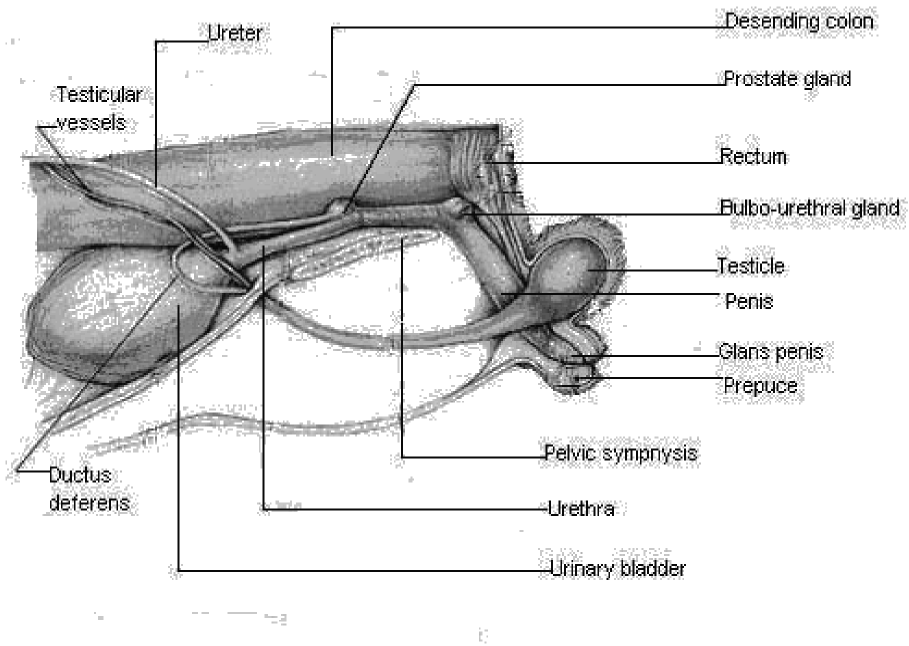
Letak : kanan ventral rusuk terakhir dan prosesus tranversus lumbalis ke 2 atau 3 yang pertama. Kiri sebelah kanan bidang median, ventral terhadap vertebra lumbalis 3-5 (Getty, 1975).

Gangguan pada system urinaria

Penyakit albuminuria dapat diketahui melalui adanya molekul albumin dan protein lain dalam urine. Hal ini merupakan suatu gejala kerusakan alat filtrasi dalam ginjal.

System urinaria Babi

a. Berat : 235 Gram
b. Ukuran : 12,5x6,25x2,5cm
a. Bentuk : Menyerupai kacang, pipih dan halus



Gambar 28. Siste urinaria Babi

Pengeluaran zat-zatsisa hasil metabolisme dari dalam tubuh dapat melalui ginjal, kulit, paru-paru dan saluran pencernaan. Proses pengeluaran karbon dioksida, adalah satu di antara zat sisa hasil metabolisme yang dikeluarkan melalui paru-paru. Demikian pula zat

warna empedu, sebagai hasil pembongkaran hemoglobin dikeluarkan melalui hati. Pengeluaran zat-zat sisa senyawa logam dikeluarkan melalui kolon bersama feses. Pengeluaran zat-zat sisa lainnya adalah melalui kulit yang berbentuk keringat, dan melalui ginjal berbentuk urine.

Kulit mengandung kelenjar-kelenjar keringat dan minyak. Di seluruh permukaan kulit terdapat kurang lebih dua setengah juta kelenjar keringat. Bagian yang sedikit mengandung kelenjar keringat adalah telapak tangan, ujung jari dan kulit muka. Kelenjar minyak banyak terdapat di kulit muka dan kepala. Minyak ini dipergunakan untuk meminyaki rambut dan mencegah kekeringan kulit.

Metabolisme senyawa protein menghasilkan zat-zat sisa yang mengandung nitrogen. Metabolisme protein akan menghasilkan asam amino, kemudian asam amino ini diuraikan lagi menjadi NH_4OH dan senyawa NH_3. Senyawa-senyawanya terakhir ini bersifat racun terhadap sel dan segera dibuang dari tubuh. NH_3 ini dalam sel segera diikat oleh karbon diokasida dan sejenis asam amino yang disebut ornitin, membentuk asam amino kedua yang disebut sitrulin. Asam-asam amino ini tidak bersifat racun, molekulnya relatif kecil sehingga masih dapat berdifusi meninggalkan sel dan masuk ke dalam aliran darah dan akhirnya masuk ke dalam hati. Oleh enzim arginase, arginin yang terdapat dala hati diuraikan kembali menjadi ornitin dan urea. Enzim arginse hanya terdapat dalam kelenjar hati, demikian juga senyawa arginin hanya dipecah dalam hati. Urea keluar dari hati bersama aliran darah dan kemudian akan disaring melalui glomerulus di dalam ginjal, dan keluar bersama urine.

Vesika urinaria babi sangat besar, ketika penuh terletak di rongga abdomen. Permukaan dorsal semuanya dilapisi oleh peritoneum.

Vesika urinaria terbagi menjadi bagian leher (cervik vesika) yang berhubungan dengan uretra, fundus vesika dan corpus vesika.

Rembesan tubuh

Rembesan tubuh merupakan cara bagaimana bahan buangan yang tidak dapat ditapis akan ditambahkan ke lendir apabila bergerak melalui tubuh. Bahan bahan toksik seperti asam dan dan larutan asing yang telah diserap di dalam saluran makanan dibuang melalui rembesan tubuh. Penisiilin dan beberapa bahan lain juga dibuang melalui cara ini. Walaupun demikian, proses rembesan tubuh ini tidak terlalu penting bagi pembentukan urine sebagaimana pada kedua langkah pertama.

Urin hipertonik

Reptilia dan burung terutama tergantung kepada saluran makanan yang menyerap kembali air, tetapi mamalia(seperti halnya manusia) tergantung kepada ginjal. Susunan loop henle ini dalam hubungannya dengan duktus pengumpul memungkinkan mamalia merembeskan suatu urine hipertonik. Suatu kepekatan yang ekstrim diwujudkan dibagian dalam medula yang meningkatkan penyerapan kembali air dari lengan menurun loop henle dan duktus pengumpul. Oleh karena lengan menurun, loop henle kehilangan air , maka lengan naik memiliki kepekaan, garam yang tinggi. Anda mungkin menganggap bahwa keadaan tersebut menyebabkan loop henle menyerap air, sebaliknya, lengan tersebut mulai kehilangan garam melalui peresapan dan kemudian melalui pengeluaran aktif.

Lengan menurun kehilangan air secara tiba-tiba tapi jumlah air yang meninggalkan duktus pengumpul diatur oleh kegiatan hormone. Hormon ADH (Hormon Antidiuresis) dilepaskan oleh Lobus Posterior Pituitari. Meningkatkan penekanan duktus pengumpul agar lebih banyak air meninggalkan loop Henle dan diserap kembali ke dalam

darah. Jika tekanan osmosis darah meningkat, lobus posterior pituitari membebaskan ADH. Lebih banyak air diserap kembali dan dengan hal tersebut terdapat kurang urin. Sebaliknya juga jika tekanan osmosis darah menurun, lobus posterior pituitari tidak membebaskan ADH. Ketidak tembusan duktus pengumpul yang dihasilkan menyebabkan lebih banyak air di buang dan lebih banyak urin yang terbentuk. Meminum Alkohol juga menyebabkan diuresis (meningkatkan aliran urin) karena perembesan ADH ditahan. Meminum bir menyebabkan diuresis terutama disebabkan oleh pengambilan lender yang meningkat. Bahan obat yang dinamakan Diureptik selalu merupakan obat yang ditentukan bagi tekanan darah tinggi. Bahan obat tersebut juga meningkatkan pembuangan urinari dan dengan hal tersebut merendah kan kapasitas darah dan tekanan darah.

Ginjal membantu memelihara pH darah dalam jangka yang sempit, dan seluruh Nefron ikut ambil bagian dalam proses tersebut. Pembuangan Ion Hidrogen dan Amonia, bersamaan dengan penyerapan kembali Ion Natrium dan bikarbonat diselaraskan untuk memelihara pH dalam lingkungan yang normal. Jika darah berasam, Maka Ion Hidrogen di keluarkan bersama dengan Amonia, Apabila Ion natrium dan Bikarbonat diserap kembali. Hal ini akan memelihara pH karena Natrium merangsang pembentukan Ion Hidroksil.

Na^++ HOH menjadi Na^+ OH- + H^+

Ketika bikarbonat mengambil Ion hydrogen apabila asam karbonat terbentuk.

HCO^{-3} + H^+ menjadi H_2CO_3

Jika darah merupakan larutan, maka semakin sedikit ion hidrogen dibuang dan semakin sedikit ion natrium dan bikarbonat yang diserap kembali. Penyerapan kembali dan / atau pengeluaran ion atau garam

oleh ginjal menggambarkan kemampuan homeostatisnya, ginjal bukan menjaga pH darah, tetapi juga keosmolarannya.

Pasokan darah dan syaraf

Karena fungsi utama ginjal adalah untuk menyaring darah, darah kaya oksigen dibawa oleh arteri renal besar. Arteri renal untuk setiap ginjal memasuki setiap hilus renal dan secara terus-menerus bercabang ke arteri segmental, arteri lobar dan arteri interlobar yang melewati daerah di antara piramid renal menuju korteks renal. Kemudian arteri interlobar bercabang ke arteri arkuata, yang melengkung melewati tempat-tempat persimpangan korteks dan medulla. Cabang-cabang arteri arkuata, yang disebut arteri interlobular, menembus korteks renal, dimana arteri tersebut bercabang kembali menjadi arteriol aferen, yang memasuki mekanisme penyaringan, atau glomerulus nefron.

Darah yang meninggalkan nefron keluar dari ginjal lewat vena melewati jalur yang sama, hanya arahnya terbalik dengan arteri yang membawa darah. Vena interlobular, arkuata, interlobar dan vena segmental secara terus menerus bersatu dan keluar sebagai vena renal tunggal.

Syaraf otonom dari pleksus renal mengikuti arteri renal ke dalam ginjal lewat hilus renal. Serat syaraf mengikuti pola bercabang-cabang arteri renal dan berfungsi sebagai serat vasomotor yang mengatur volume darah. Syaraf simpatik mengecilkan arteriol (mengurangi keluar air seni), sedangkan serat parasimpatik yang lebih sedikit memperbesar arteriol(meningkatkan keluarnya air seni).

Sirkulasi Darah

Tiap-tiap ginjal menerima darah dari arteria renalis yang masuk melalui hilus dan bercabang-cabang membentuk arteria interlobularis

yang terletak antara badan malpighi. Selanjutnya arteri ini bercabang lagi menjadi arteria arkuata dan bercabang lagi menjadi arteria interlobularis. Arteria Interlobularis bercabang lagi menjadi arteria afferent yang masuk ke glomerulus, selain itu ada juga arteria interlobularis melanjutkan diri menuju kapsula ginjal yang disebut arteria stelata.

Setelah darah mengalami filtrasi, maka darah keluar melalui arteriola eferent gromeruli. Cabang-cabang arteriol eferen akan memberikan makanan untuk tubulus-tubulus dan daerah distal untuk korteks ginjal. Dari cabang-cabang arteriola eferen berstau lagi menjadi arteriola rekta, dari venula ini bersatu lagi menjadi vena interlobularis dan selanjutnya menjadi vena interlobularis yang akhirnya keluar ginjal melalui vena renalis. Pada manusia dengan berat badan ± 70 kg pada kedua buah ginjalnya dialiri darah sebanyak 1200 cc setiap menit.

Ekskreta dan Pola ekskresinya

Berdasarkan pada jenis ekskret bernitrogen yang dihasilkan, hewan-hewan dikelompokkan menjadi beberapa kategori:

1. Hewan ureotelik, ekskretanya berupa urea.
2. Hewan urekotelik, ekskretanya berupa asam urat.
3. Hewan ammoniotelik, ekskretanya berupa ammonia.
4. Hewan guanotelik, ekskretanya berupa guanine.
5. Hewan penghasil trimetil aminoksid.

Ion dan Osmoregulasi

Semua organisme dihadapkan pada masalah-masalah osmotik bahkan dalam medium yang isosmotik sekalipun. Bermacam-macam mekanisme pengendalian digunakan untuk memelihara agar konsentrasi-konsentrasi osmotik internal selalu tetap dan mencegah

berkembangnya desakan-desakan osmotik yang merusak. lon dan osmoregulasi pada kebanyakan hewan harus dikaitkan dengan fungsi-fungsi pengendalian lingkungan internal yang lain, misalnya termoregulasi dan keseimbangan asam-basa. lon dan Osmoregulasi tergantung pada mekanisme transpor aktif.

Berdasarkan kemampuan toleransinya, hewan dibedakan menjadi:

1. Stenohalin, yaitu organisme yang memiliki toleransi terbatas terhadap perubahan-perubahan konsentrasi-konsentrasi osmotis lingkungan luar. Kebanyakan hewan termasuk dalam kategori ini.
2. Eurihalin, hewan-hewan yang tahan terhadap perubahan konsentrasi osmotis dengan kisaran yang lebih lebar.
3. Osmokonformer, yaitu hewan-hewan yang memiliki konsentrasi cairan tubuh berubah-ubah menyesuaikan dengan lingkungannya. Hewan seperti ini tidak mengenal sistem pengendalian.
4. Osmoregulator, ialah hewan-hewan yang mempertahankan konsentrasi cairan tubuhnya selalu pada tingkat tertentu dilengkapi dengan sistem pengendalian.

Osmoregulasi dilaksanakan dengan berbagai cara. Pada dasarnya vertebrata osmoregulasi dilakukan oleh ginjal. Tetapi pada hewan-hewan tertentu ginjalnya tidak mampu lagi mengatasi kelebihan garam dalam tubuhnya. Kelebihan garam yang luar biasa akibat lingkungan tempat hidupnya hipertonis. hewan mengambil makanannya dan lingkungn itu. Hewan-hewan yang bermasalah seperti ini memiliki alat ekskresi garam di luar ginjal. Dalam hal ini ginjal hanya mengeluarkan elektrolit divalen. Alat di luar ginjal itu disebut kelenjar garam, fungsinya mengeluarkan ion-ion monovalen.

Pada sejenis ikan hiu, Squalus acanthias, memiliki kelenjar garam yang terdapat pada rektumnya, sehingga juga disebut kelenjar rektum. Alat ini mampu mengeluarkan larutan garam 2 ml/kg berat badan/jam.

Pada reptil laut misalnya penyu laut, dijumpai glandula lakrimalis atau glandula orbitalis. Kelenjar ini berguna untuk mengeluarkan kelebihan garam dengan transpor aktif. Penyu hijau (Chelonia.

mydas) dapat mengeluarkan larutan yang mengandung 650 m Ek NaCI/ liter.

Banyak burung-burung laut yang memiliki kelenjar garam, demikian pula burung-burung padang pasir. Glandula nasalis pada burung camar laut (*Larus argentatus*) terdiri atas sejumlah lobus berbentuk pipa panjang, masing masing dengan satu kanalis sentralis. Satu lobus terdiri dan atas kelenjar kelenjar berbentuk pipa-pipa halus yang mengalirkan isinya ke dalam kanalis sentralis. Darah mencapai kelenjar itu melalui kapiler-kapiler dengan aliran yang berlawanan dengan aliran getah kelenjar yang disekresikan, sehingga membentuk sistem aliran berlawanan. Di tempat itu terjadi transpor aktif Na^+ dan darah ke getah kelenjar. Di dalam getah kelenjar, selain Na^+ didapatkan beberapa elektrolit lain.

Lain halnya dengan binatang-binatang air tawar dan darat, permasalahan yang dihadapi ialah mengawetkan elektrolit dan air dalam tubuhnya. Berbagai cara telah berkembang pada berbagai spesies untuk mengatasi masalah tersebut.

Pengaturan hilai pH

Derajat keasaman (pH) plasma dan sel dapat diubah oleh sejumlah faktor yang mempengaruhi rasio $[HCO_3]/[C0_2]$ baik langsung atau tidak langsung:

1. Produksi asam oleh proses-proses metabolisme normal. Kebanyakan asam berupa CO_2 dikeluarkan melalui paru. Sejumlah kecil asam terikat diturunkan dan protein-protein yang mengandung sulfur, fosfor dan lemak serta karbohidrat (asam-asam laktat. asetoasetat. Li, -hidroksibutirat. ketoasetat. dll).
2. Produksi basa oleh metabolisme substansi tumbuhan (seperti pada herbivora) menyebabkan peningkatan $HC0_3$ dan pH meningkat.

3. Perubahan kosentrasi CO_2 (pCO_2). Peningkatan pCO_2 menurunkan pH.
4. Perubahan kosentrasi $HC0_3$ Peningkatan HCO_3 meningkatkan pH.

Derajat keasaman (pH) sel maupun cairan luar sel seperti darah nilainyaberagam Nilai pH dipelihara oleh sistem penyangga dalam darah, getah bening, getahjaringan. dan dalam sel. Beberapa contoh nilal pH : Darah manusia 7, 3 – 7, 5; darahcyprinus carpio 7, 89 – 7, 92 darah Rana catesbeiana 7, 77 – 7, 92 darah iguana-iguanan7, 49 – 7, 69 dll.

Pasangan-pasangan penyangga dalam sel mengandung K^+, sedang pasangan-pasangan penyangga luar sel mengandung Na^+.

Pasangan-pasangan penyangga dalam sel :

Kalium monohidrogen fosfat $K_2HP0_4 + H^+$ _ $KH_2P0_4 + K^+$

Kalium dihidrogen fosfat $KH_2P0_4 + K^+ OH^-$ _ $K_2HP0_4 + HOH$

Kalium bikarbonat $KHC0_3 + H^+$ _ $H_2C0_3 + K^+$

Hidrogen karbonat $H_2C0_3 + K^+ + OH^-$ _ $KHC0_3 + HOH$

Kalium proteinat $KPr + H^+$ _ $HPr ^+ K^+$

Hidrogen proteinat $HPr + K^+ + OH^-$ _ $KPr + HOH$

Pasangan-pasangan penyangga dalam cairan luar sel : serupa dengan cairan dalam sel tetapi kalium diganti dengan natrium.

Morfologi ginjal ruminansia ada pada kisaran :

Ginjal Sapi

Berat : kanan 700 gram, kiri 30 gram lebih berat

Ukuran: 20-22, 5x10 sampai 12, 5x6, 25cm

Bentuk: Ada lobulasi, kanan elips dengan ujung kranial lebih besar dan bulat. Kiri terpuntir menyerupai buah pear dengan ujung kranial lebih kecil

Posisi : kanan ventral rusuk terakhir dan prosesus tranversus lumbalis ke 2 atau 3 yang pertama

Kiri sebelah kanan bidang median, ventral terhadap vertebra lumbalis 3-5 (Frandson, 1992).

Ginjal Domba

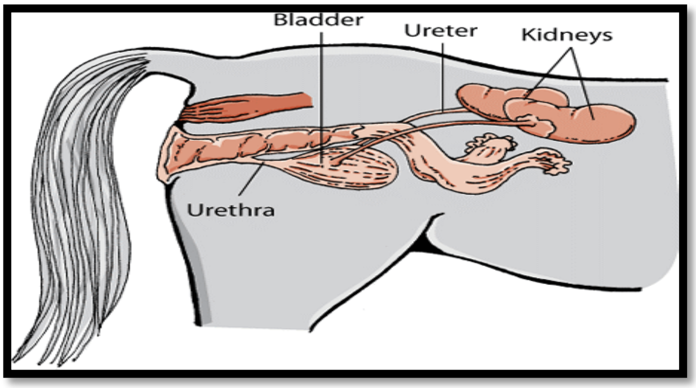
Berat : 90-150gram

Ukuran : 7, 5x5x2, 5

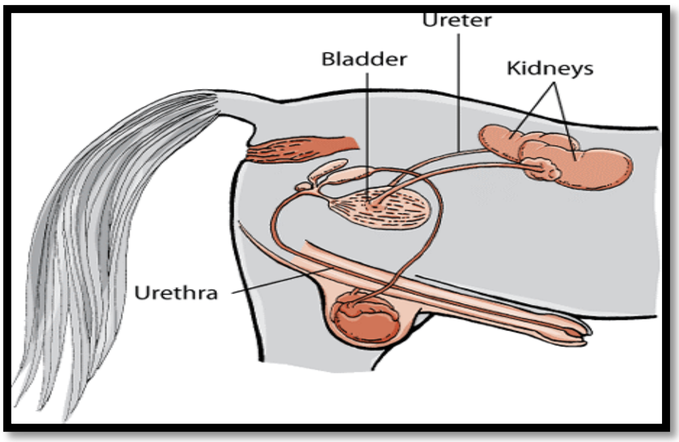
Bentuk: menyerupai kacang dan halus

Posisi : kanan ventral prosesus tranversus lumbalis 3 yang pertama. Kiri sebelah kanan bidang median, arah ventral lumbalis ke 3-5 (Frandson, 1992).

Anatomi Urinaria pada Kuda



Gambar28. Sistem urinaria pada kuda betina



Gambar29. Sistem urinaria pada kuda jantan

Sistem ekkresi berawal dari ginjal , ginjal berbentuk seperti biji kacang, ruang median ginjal yang disebut pelvis renalis berhubungan dengan kandung kemih melalui ureter. Dari kandung kemih mengeluarkan uretra yang akan mengeluarkan urin melalui saluran urin. kuda dominan sudah memiliki saluran yang terpisah, tidak seperti hewan vertebrata lain yang menggunakan kloaka. Kuda memiliki saluran pembuangan sisa pencernaan melalui anus, urin melalui uretra, dan saluran reproduksi melalui vagina atau penis.

Ginjal

Organ urinaria kuda meliputi ginjal (ren), ureter , vesika urinaria , dan uretra (uretra masculina atau uretra feminina). Ginjal memiliki karakteristik berbentuk bijidan memiliki dua extremitas, dua batas dan dua permukaan. Extremitas kranial dan kaudal dihubungkan dengan bataslateral yang cembung dan batas medial yang lupus. Batas medial dapat diidentiikasi dengan bentukan oval, hillus renalis, yang terbuka ke sinus renalis. Pada hillus renalis terdapat ureter, arteri dan vena renalis, pembuluh limfe , dan syaraf. Pada struktur ini arteri renalis berada paling dorsal, dan vena renalis paling ventral. Syaraf dan pembuluh limfe berada di dekat vena.

Kedua ginjal terletak di belakang selaput perut (retroperitoneal) berada di daerah sublumbar, satu di samping dari aorta dan vena cava caudalis. Permukaan dorsal kedua ginjal tidak terlalu cembung dari pada permukaan ventral. Ujung cranial setiap ginjal dibungkus oleh peritoneum pada bagian dorsal dan ventralnya. Pada ujung caudal hanya permukaan ventral yang dibungkus oleh peritoneum.

Sebuah ginjal dengan potongan memanjang memberi gambaran dua daerah yang cukup jelas. Daerah perifer yang beraspek gelap disebut korteks dan yang agak cerah disebut medulla, berbentuk piramid

terbalik. Bagian yang paling lebar atau dasar tersusun tepat dengan tepi dalam korteks dan apeks atau papik mengarah ke pelvis. Tiap bagian medula yang berbentuk piramid dengan jaringan korteks yang membentuk tudung pada dasar serta menutup sisinya membentuk lobus yang merupakan unit anatomi ginjal. Bagian korteks dan medula lobus ginjal hewan piaraan bergabung dengan derajat yang berbeda. Pada ginjal hewan besar, gabungan korteks tidak sempurna, permukaan luar membentuk alur yang membatasi tiap lobus (Frandson, 1992).

Ginjal adalah organ yang menyaring plasma dan unsur-unsur plasma dari darah, dan kemudian secara selektif menyerap kembali air dan unsur-unsur yang berguna, kemudian mengeluarkan kelebihan dari produk buangan plasma. Seperti halnya organ abdominal lainnya, ginjal dikatakan retroperitoneal, yaitu artinya terletak di luar rongga peritoneal (Fradson, 1992).
Fungsi utama ginjal adalah mengekskresikan zat-zat sisa metabolisme yang mengandung nitrogen misalnya amonia. Amonia adalah hasil pemecahan protein dan bermacam-macam garam, melalui proses deaminasi atau proses pembusukan mikroba dalam usus.

Ginjal terdiri dari tiga bagian utama yaitu: korteks (bagian luar), medulla (sumsum ginjal) dan pelvis renalis (rongga ginjal). Bagian korteks ginjal mengandung banyak sekali nefron ± 100 juta sehingga permukaan kapiler ginjal menjadi luas, akibatnya perembesan zat buangan menjadi banyak. Setiap nefron terdiri atas badan Malphigi dan tubulus (saluran) yang panjang. Pada badan Malphigi terdapat *kapsul Bowman* yang bentuknya seperti mangkuk atau piala yang berupa selaput sel pipih. Kapsul Bowman membungkus glomerulus. Glomerulus berbentuk jalinan kapiler arterial (Anonim 1, 2008).

Medula merupakan bagian ginjal yang mengelilingi pelvis renalis, yang tampak bergaris-garis karena adanya tubulus-tubulus pengumpul yang tersusun secara radial. Tubulus-tubulus tersebut membentuk suatu dasar dari piramid rena, dengan puncak pada pelvis, dan dasarnya tertutup oleh korteks (Fradson, 1992).

Morfologi ginjal kuda ada pada kisaran:

Berat : kanan 700 gram, kiri 680 gram.

Ukuran:kanan 15x15x5cm, kiri 17, 5x10 sampai 12, 5x5cm.

Bentuk: kanan menyerupai jantung kartu bridge, kiri menyerupai kacang.

Posisi : kanan ventral bagian atas dari rusuk ke 17 dan 18, prosesus tranversus lumbalis ke 1.

Kiri : paling dekat dengan bidang median, arah ventral terhadap rusuk ke 18 dan prosesus tranversus lumbalis ke 1 dan 2 (Frandson, 1992).

d. Anatomi Urinaria pada Unggas

Ginjal

Bertipe metanephros dengan jumlah sepasang yang masing – masing memiliki 3 Lobi (Soewasono, 1974).

Sistem saluran urine pada ayam terdiri dari dua ginjal (*kidneys*) dan saluran kemih. Ginjal berukuran besar dan memanjang yang terletak dekat paru-paru. Saluran kemih (*ureter*) menghubungkan ginjal dengan kloaka. Fungsi utama ginjal ada dua, yaitu sebagai filter untuk menyerap dan mengeluarkan air, elektrolit, dan produk buangan lainnya dari darah, serta tempat penyerapan kembali gizi (*nutrients*). Air kemih ayam berupa asam urat yang merupakan hasil akhir dari metabolisme protein yang berwarna keputih-putihan.

Ginjal berjumlah sepasang berwarna cokelat. Saluran kelamin, saluran ekskresi. dan saluran pencernaan menyatu bermuara pada kloaka.

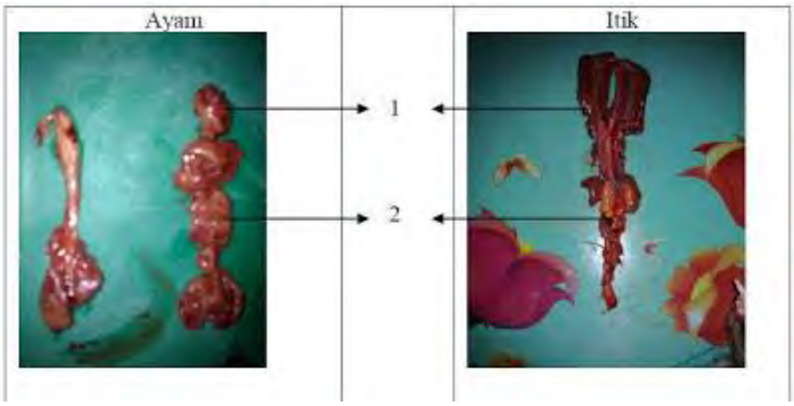
Burung tidak mempunyai kantong urine. Urine yang dihasilkan ginjal langsung bercampur dengan sisa pencernaan di kloaka.

Sistem urinaria diawali dari ginjal. Ginjal berbentuk lobus-lobus terletak dibagian kiri dan kanan, dilindungi oleh os lumbar. Adanya ginjal dalam tubuh ayam berperan utama dalam proses filter(penyaringan) darah sehingga bisa memisahkan air dengan zat buangan dan menyerap kembali (reabsorb) zat makanan. Ginjal juga mengatur derajat keasaman, konsentrasi ion mineral dan komposisi air dalam darah. Ginjal mengatur pH plasma darah sehingga tetap berkisar 7, 4 melalui pertukaran ion hidronium dan hidroksil. Akibatnya urine yang dihasilkan bisa bersifat asam pada pH 5. Atau alkalis pada pH 8. Urine dan produk akhir dari metabolisme protein (asam urat) dikeluarkan melalui kloaka. Dari ginjal, masuk ke dalam ureter dan langsung keluar melalui kloaka bersamaan dengan feces. Berbeda dengan mamalia yang tidak memiliki vesika urinaria dan uretra. Berikut beberapa ciri-ciri ginjal pada unggas atau aves:

1) Pada semua burung ginjal terletak pada bagian pelvis rongga tubuh, dan sering bersatu pada ujung posterior , tipe ginjal adalah metanefros.
2) Bentuk ginjal berlobi, fisura yang dalam di antara kedua lobus menjadi jalan bagi cabang-cabang vena renalis.
3) Ureter unggas pendek dan bermuara pada kloaka.
4) Kecuali pada burung unta, aves tidak mempunyai vesika urinaria.
5) Sisa-sisa nitrogen dikeluarkan dalam bentuk asam urat dan bentuk semi padat bersama-sama feses
6) Tidak adanya vesika urinaria menyebabkan burung biasa terbang karena tidak ada beban dalam bentuk urine cair yang harus dibawa.

Kloaka

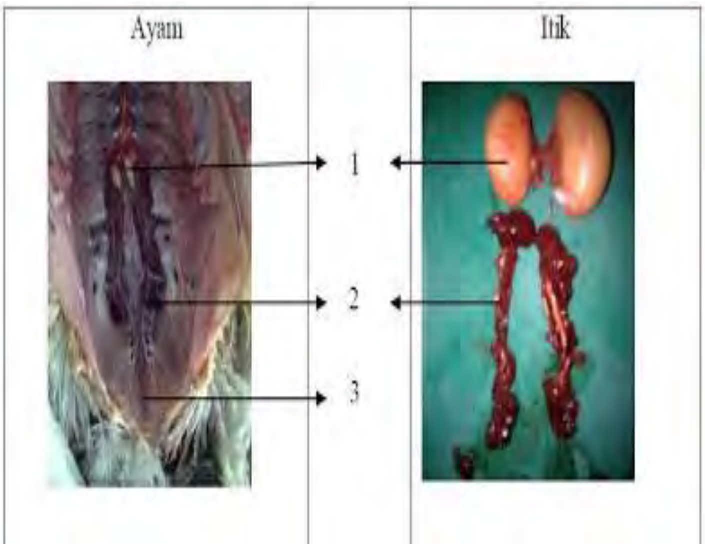
Kloaka ini merupakan tempat pertemuan saluran ginjal, saluran kelenjar kelamin dan usus. Burung hampir sama sekali tidak mempunyai kelenjar kulit, tetapi mempunyai kelenjar minyak yang terdapat di tunggingnya, yang berguna untuk meminyaki bulu-bulunya.



Gambar 30. Sistem urinaria unggas(Sumber:Data Primer Praktikum Produksi Ternak Unggas, 2012)

Keterangan :

1) Ginjal
2) Ureter



Gambar 31. Ilustrasi : Sistem reproduksi dan perkemihan unggas jantan (Sumber:Data Primer Praktikum Produksi Ternak Unggas, 2012)

Keterangan :

1) Testes
2) *Vas deferens*
3) Ureter

Ureter (Ductus Mesonephric)

Sepasang, menuju ke kaudal dan bermuara langsung ke kloaka (Urodeum).

Vesika Urinaria

Merupakan ruangan tunggal, tempat bermuara saluran-saluran kelamin, kencing. Kloaka terbagi jadi 3 bagian :

- Urodeum : tempat bermuara saluran kencing dan saluran kelamin.
- Coprodeum : tempat bermuara saluran makanan.
- Proctodeum : lubang keluar (Soewasono , 1974).

Aves seperti juga dengan reptil dalam urinari tetapi terdapat hal yang berbeda, yaitu didalam kelas aves tidak memiliki vesika urinaria, ureter dan vasa deferentia langsung menuju ke kloaka.

e. Anatomi Urinaria pada Ikan

Ikan mempunyai alat ekskresi berupa sepasang ginjal yang berbentuk memanjang dan berwarna kemerah-merahan. Beberapa jenis ikan, seperti ikan mas, saluran ginjal dan saluran kelenjar kelaminnya bersatu, disebut saluran urogenital yang terletak di belakang anus. Ikan-ikan lain mempunyai kloaka. Ikan dan vertebrata lain yang hidup di air laut harus menjaga jangan sampai kehilangan tekanan

osmotiknya terhadap lingkungan hipertoniknya dan mencegah pengambilan terlalu banyak garam melalui difusi. Tetapi ikan dan vertebrata yang hidup di air tawar mempunyai masalah yang sebaliknya, mereka harus mencegah kehilangan garam dengan difusi dan pengambilan air melalui osmosis. Ikan melakukan hal ini dengan cara mengekskresikan sejumlah besar urine, tetapi ikan harus juga menghemat garam selain membersihkan tubuhnya dari zat-zat sisa senyawa nitrogen.

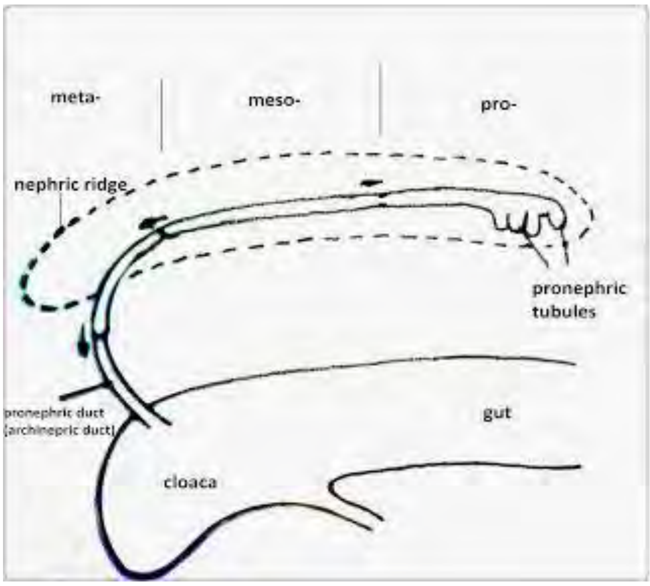
Tipe ginjal pada ikan adalah opistonefros, letaknya di dorsal. Bentuknya panjang, sempit, terletak di dinding tubuh sebelah dorsal di atas peritonium perietal, pada kanan kiri sisi garis tengah, terletak di antara pneumatocyst dan vertebrae. Bentuk variasi, memanjang dengan bagian yang membesar terjepit di antara kedua bagian pneumatocyst (Soewasono, 1974), pada ujung anteriornya terdapat sistem reproduksi.

Dari tubulus kolektivus pada pisces urin menuju ke duktus arkinefrik yang merupakan suatu saluran seperti ureter, menuju kloaka. Dilatasi duktus arkinefrik membentuk pembesaran seperti vesika urinaria untuk penyimpanan urine sementara.

Dalam teleostomi yang memiliki ginjal dalam stadium pronephros biasanya tidak memiliki ginjal yang sama pada waktu dewasa dan akan beralih ke mesonephros. Sebagai sesar Genital glands memiliki hubungan khusus dengan ductus wolffi yang merupakan sebuah saluran kencing, dan juga di teleostei tidak terdapat mulerian ductus (Macmillan, 1987). Elasmobranchii memiliki pronephros yang lebih lengkap dan lebih awal dari pada Subclassnya yang lain , dan mesonephros dibagi menjadi bagian anterior atau genital, yang menerima vasa efferentia dari testis (Parker, 1987).

Pada ikan berkembang dua tipe ginjal, yakni:

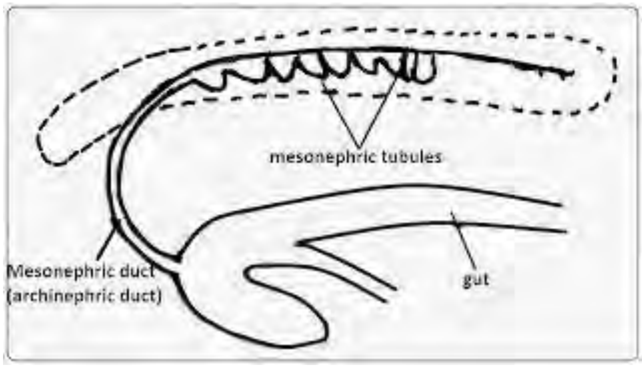
1) Pronefros, merupakan tipe ginjal yang paling primitif. ginjal ini terdapat pada perkembangan embrional sebagian besar ikan, tetapi saat berkembang menjadi ikan dewasa, ginjal ini menjadi tidak fungsional dan fungsinya digantikan mesonefros.



Gambar 31. Ginjal Pronefros pada Embrio Ikan

Sumber: http://sistemekskresiira.blogspot.com

2) Mesonefros, memiliki fungsi fungsi seperti opistonefros yang terdapat pada embrio amniota.



Gambar 32. Ginjal Mesonefros pada Ikan

Sumber: http://sistemekskresiira.blogspot.com.

Beberapa ginjal ikan bertipe pronephros, tetapi kebanyakan mesonephros. Hiu memiliki ginjal tipe mesonephros panjang dan sempit. Beberapa teleostei ginjal pendek, besar, terletak di bagian posterior cavitas peritoneal. . Mesonephros pada ikan jantan lebih besar daripada betina (Montagna, 1963).

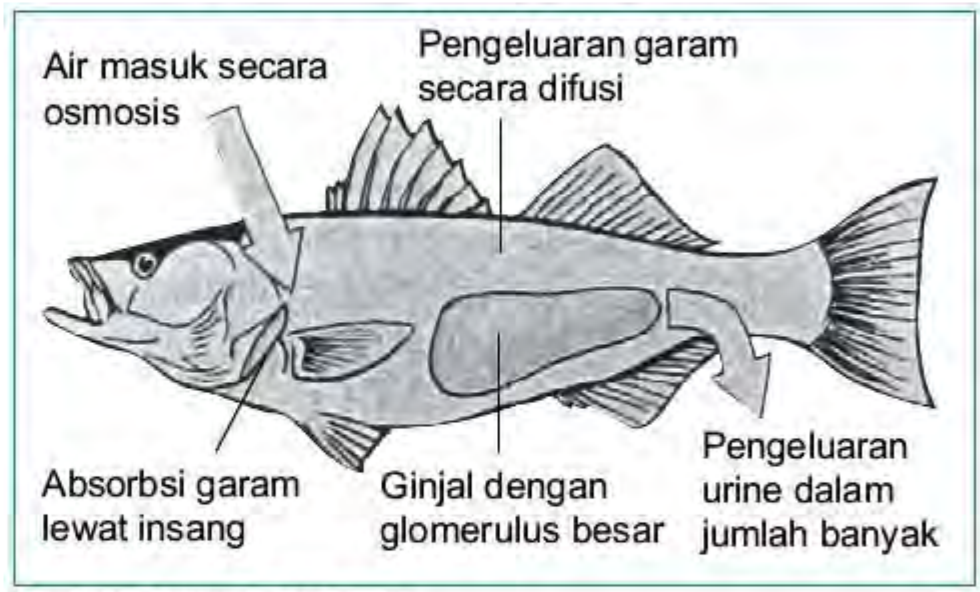
Alat ekskresi berupa sepasang ginjal berwarna kemerah-merahan, terletak di antara gelembung udara depan dan belakang. Ginjal dilengkapi saluran urine, yang muaranya menyatu dengan muara saluran kelamin, sehingga disebut muara salur urogenitalia. Ikan-ikan jenis lain ada yang muara tiga saluran yaitu saluran urine, kelamin, dan anus menyatu disebut kloaka.

Ikan air laut banyak minum, sedikit urine. Garam-garam yang masuk bersama air yang diminum , akan dikeluarkan secara aktif melalui insang. Ikan air tawar sedikit minum banyak mengeluarkan urine. Disamping itu, ikan air tawar juga menghemat garam dan membersihkan tubuhnya dan zat-zat sisa senyawa nitrogen.
Sistem Ekskresi : sistem pembuangan proses metabolisme tubuh (berupa gas, cairan, dan padatan) melalui kulit, ginjal, dan saluran pencernaan).

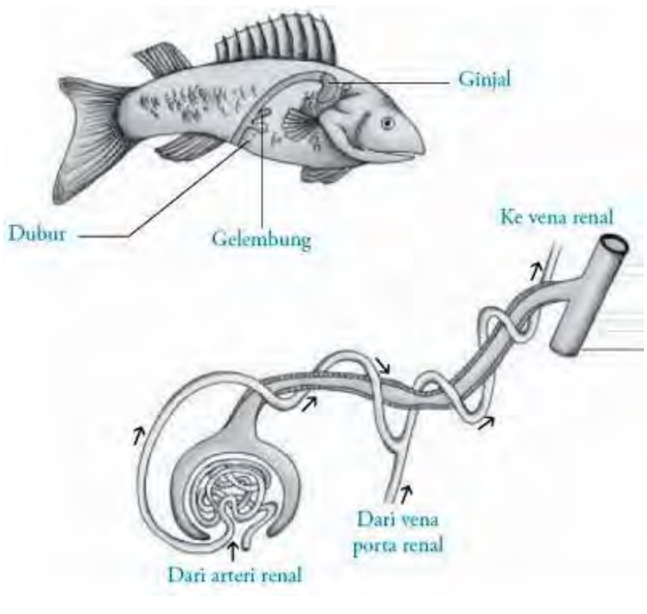
Sistem osmoregulasi : sistem pengaturan keseimbangan tekanan osmotik cairan tubuh (air dan darah) dengan tekanan osmotik habitat (perairan).

Organ-organ dalam sistem ekskresi : kulit, saluran pencernaan, dan ginjal. Organ-organ sistem osmoregulasi : kulit, ginjal, insang, lapisan tipis mulut.

Ginjal : teletak di atas rongga perut, di luar peritonium, di bawah tulang punggung dan aorta dorsalis, sebanyak satu pasang, berwarna merah, memanjang.



Sumber: *Biology, Solomon*



Gambar 32. Alat ekskresi ikan.
Sumber :http://id.images.search.yahoo.com

Fungsi Ginjal :

1. menyaring sisa-sisa proses metabolisme untuk dibuang, zat-zat yang diperlukan tubuh diedarkan lagi melalui darah.

2. mengatur kekentalan urin yang dibuang untuk menjaga keseimbangan tekanan osmotik cairan tubuh.

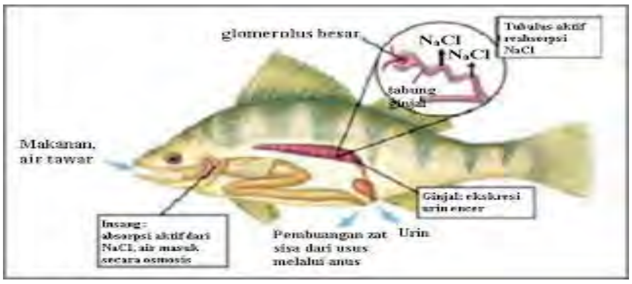
Tekanan osmotik cairan tubuh berbeda antara ikan-ikan bertulang benar (Teleostei) yang hidup di laut dengan yang hidup di perairan tawar, demikian juga dengan ikan-ikan bertulang rawan (Elasmobranchii), sehingga struktur dan jumlah ginjalnya juga berbeda, demikian juga dengan sistem osmoregulasinya.

Sistem ekskresi pada ikan

Mekanisme ekskresi pada ikan, baik ikan yang hidup di air tawar maupun ikan yang hidup di air laut memiliki kaitan erat dengan mekanisme dalam osmoregulasinya atau pengaturan cairan dalam tubuhnya. Oleh karena tempat hidupnya berbeda, maka ikan air tawar dan ikan air laut memiliki mekanisme osmoregulasi yang berbeda pula, yakni sebagai berikut:

1. Ikan Air Tawar, pada ikan air tawar konsentrasi zat terlarut pada cairan tubuhnya sangat berbeda dengan konsentrasi zat terlarut yang ada di lingkungannya. Di dalam cairan tubuh ikan, konsentrasi zat-zat terlarut lebih tinggi daripada konsentrasi zat terlarut yang ada di lingkungan. Hal tersebut menyebabkan masalah osmotik bagi ikan-ikan air tawar, karena secara osmosis air berpindah dari larutan yang konsentrasi zat terlarutnya rendah ke larutan yang konsentrasi zat telarutnya lebih tinggi, sehingga secara konstan tubuh ikan akan kemasukan air dari lingkungannya. Oleh karena itu, tubuh ikan diselimuti lendir untuk mencegah masuknya air ke dalam tubuh ikan secara berlebihan. Namun, tidak menutup kemungkinan juga jika tubuh ikan masih dapat kemasukan air dari lingkungan dan ion-ion di dalam tubuhnya keluar melalui insang. Ikan air tawar

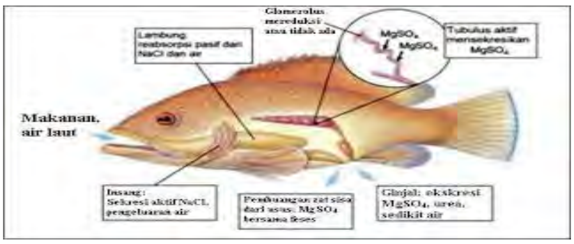
memperoleh kelebihan air melalui permukaan tubuhnya, khususnya melalui insang dan air yang terkandung di dalam makanannya, sehingga ikan air tawar tidak banyak minum kecuali yang terkandung dalam makanan. Selain kelebihan air, ikan air tawar juga mengalami kehilangan zat-zat terlarut yang ada di dalam urinnya (urin merupakan sampah yang dihasilkan melalui sistem ekskresi). Demi menjaga kestabilan tekanan osmotik cairan di dalam tubuhnya, ikan air tawar secara terus menerus mengekskresikan air dalam jumlah besar. dalam usaha mempertahankan keadaan tersebut, di dalam tubuh ikan air tawar melibatkan kerja tiga sistem organ, antara lain sistem pencernaan untuk mengambil ion-ion dari makanan; sistem respirasi yakni menggunakan insang untuk mengambil ion-ion garam, khususnya Na^{+} dan Cl^{-}; serta ginjal yang merupakan organ utama dalam sistem ekskresi yang bekerja secara konstan menghasilkan urin encer dalam jumlah banyak (kadar zat terlarut pada urin lebih rendah dibandingkan dengan yang ada pada cairan tubuh). Dengan cara tersebut, maka ikan air tawar membuang kelebihan air dan mempertahankan zat-zat terlarut yang dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini dapat dilakukan ikan air tawar karena ikan air tawar memiliki ginjal dengan glomerulinya yang berkembang dengan baik untuk melakukan filtrasi dengan cara memproduksi urin yang bersifat encer serta reabsorpsi selektif terhadap zat-zat terlarut kembali ke kapiler tubuler.



Gambar 33. Alat ekskresi dan osmoregulasi ikan air tawar

Sumber: http://id.images.search.yahoo.com

2. Ikan Air Laut, mekanisme osmoregulasi pada ikan air laut berkebalikan dengan ikan air tawar. Cairan tubuh ikan air laut bersifat hipoosmotik terhadap lingkungannya, yaitu memiliki konsentrasi zat terlarut yang lebih rendah daripada yang ada di lingkungannya. Ikan air laut ini kehilangan air karena proses osmosis yang terjadi melalui permukaan tubuhnya. Untuk mengganti air yang hilang tersebut maka ikan air laut meminum banyak air laut. Kelebihan garam yang ada dalam tubuhnya juga dibuang dengan cara garam yang berupa ion Na^+ yang masuk bersama air yang diminum secara transpor aktif melalui dinding usus dialihkan ke dalam darah, sedangkan ion Cl^- akan mengalir secara pasif mengikuti besarnya gradien konsentrasi dan gradien elektrik yang timbul. Sel-sel klorida yang terdapat pada insang secara aktif akan mensekresikan ion Cl^- dari darah ke air laut, sedangkan ion Na^+ akan mengalir secara pasif mengikuti arah aliran ion Cl^- sesuai dengan gradien konsentrasi yang timbul. Ginjal yang ada pada ikan air laut hanya mengandung sedikit glomerolus atau bahkan tidak ada sehingga ginjalnya tidak mampu melakukan filtrasi (ultrafiltrasi) dan urin terbentuk oleh sekresi gram-garam dan TMO yang berkaitan dengan osmosis air. Garam-garam tersebut (ion Na^+) disekresikan oleh organ pengekskresi garam yang disebut sebagai kelenjar rektal. Ikan air laut mengeluarkan urin dengan volume yang kecil dan urinnya mengandung garam (ion Na^+) dan trimetilamin oksida (TMO) yang menyebabkan bau khas pada ikan air laut.



Gambar 34. Alat ekskresi dan osmoregulasi ikan air laut

Sumber: http://id.images.search.yahoo.com

Berbeda dengan kedua jenis ikan di atas, ikan yang hidupnya bermigrasi dari air laut dan air tawar, seperti ikan salmon memiliki adaptasi osmoregulasi yang baik, ikan salmon bersifat euryhalin, yaitu ketika berada di laut ikan salmon akan melakukan mekanisme seperti ikan air laut dengan cara meminum air laut dan menekskresikan kelebihan garam melalui insang serta melakukan osmoregulasi seperti ikan yang hidup di air laut. Setelah bermigrasi ke air tawar maka salmon akan berhenti minum dan insangnya mulai mengambil garam dari lingkungannya yang konsentrasinya rendah, seperti halnya mekanisme yang dilakukan oleh ikan yang hidup di air tawar pada umumnya.

Ureter

Saluran keluar dari mesonephros, sepasang, berjalan ke belakang di sebelah ventral tulang punggung, kemudian ke dua ureter kiri dan kanan bersatu dan sedikit melebar sebagai vesika urinaria (Soewasono, 1974).

Vesika Urinaria

Merupakan persatuan ureter kanan dan kiri, dari vesika urinaria ada saluran keluar yang sangat pendek, kemudian bersatu dengan saluran gonad membentuk sinus urogenitalis yang akhirnya akan bermuara menjadi porus urogenitalis, tipe vesika urinaria pada ikan ialah vesika urinaria duplex yang tergolong tipe vesika urinaria tubalis (Soewasono, 1974).

f. Anatomi Urinaria pada Katak

Alat ekskresi utama pada katak adalah sepasang ginjal yang terdapat di kanan kiri tulang belakang, berwarna kecoklat-coklatan yang

memanjang ke belakang. Ginjal merupakan alat penyaringan yang mengeluarkan zat-zat sisa yang dapat larut (terutama urine), garam-garam mineral yang kelebihan dan air yang berkumpul dari sel-sel tubuh, serta cairan dari darah. Saluran keluarnya merupakan sepasang saluran halus, masing-masing bermuara di kloaka.
Kandung kencingnya merupakan gelembung tipis sebagai tonjolan dinding kloaka. Kandung kencing ini berguna untuk menyimpan urine sementara. Urine dikumpulkan dari dalam ginjal dan kemudian dikeluarkan melalui kandung kencing ke kloaka.

Sistem ekskresi pada katak disebut suatu sistem gabungan karena masing-masing sistem masih bergabung pada kloaka sebagai muara bersama baik untuk sistem sekresi maupun untuk sistem reproduksi. Sistem ekskresi sebagai sistem pembuangan zat-zat yang tidak berguna yang dilakukan oleh kulit, paru-paru, dan yang dikeluarkan oleh hati, yaitu berupa empedu.

Ginjal

Terletak retroperitoneal (diluar peritoneum), dan terdiri atas:

1) Ginjal bertipe mesonefros, sepasang di kanan kiri columna vertebralis, memanjang cranio caudal, berwarna merah-coklat.
2) Ductus mesonefridicus (ureter), merupakan sepasang saluran halus, masing-masing keluar dorsolateral menuju ke caudal dan bermuara di dorsal kloaka. Ductus ini disebut juga ductus Wolfii. Pada yang betina muara di sebelah medio caudal dari muara-muara uterus.
3) Vesika urinaria, berupa kantung tipis sebagai tonjolan dinding kloaka.

Ginjal meluas pada sebagian besar panjang rongga tubuh dan berlobus, tipe ren adalah opistonefros.

Pada Amfibia berekor ren terdiri dari 2 bagian yaitu:

a) Bagian anterior merupakan bagian yang sempit , pada hewan jantan lebih berhubungan dengan fungsi reproduksi.
b) Bagian posterior merupakan bagian yang meluas, merupakan penyusunan bagian utama opistonefros.

Duktus arkinefrik pada hewan jantan juga berfungsi sebagai suatu duktus deferens disamping untuk mengangkut zat-zat sisa. Pada hewan betina hanya berfungsi sebagai pengangkut zat –zat sisa. Duktus arkinefrik bermuara di kloaka. Pada Rana sp. dan Bufo sp. ginjal tidak berhubungan dengan sistem reproduksi.

Pada Amfibia terdapat vesika urinaria yang berdinding tipis yang muncul sebagai suatu tonjolan dinding ventral kloaka, vesika urinaria ini berlobi 2. Tidak ada hubungan langsung antara duktus dengan vesika urinaria. Urin langsung menuju kloaka, dari kloaka urin didorong ke vesika urinaria.

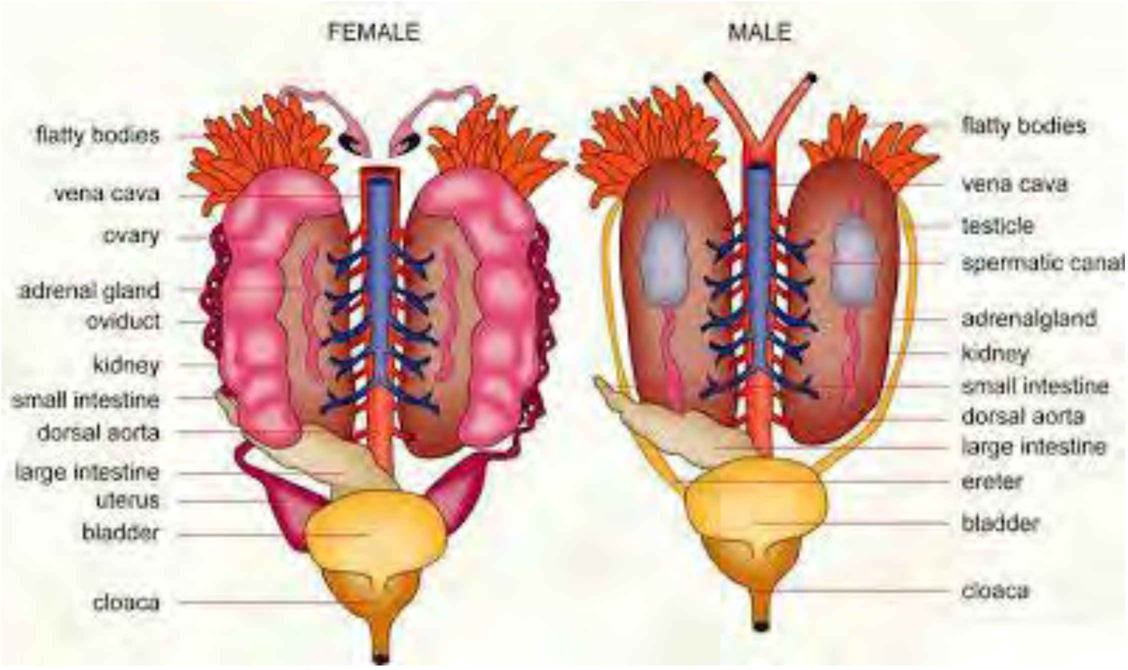
Ureter

Merupakan sepasang saluran halus, masing-masing keluar dorso lateral menuju ke caudal dan bermuara di dorsal kloaka. Pada betina muara di sebelah medio caudal dari muara uterus (Soewasono, 1974).

Vesika Urinaria

Untuk vesika urinaria, merupakan sebuah kantong tipis sebagai tonjolan dari dinding cloaca (Soewasono, 1974).

Amphibia yang seperti ular-bentuk (Gymnophiona) menunjukkan susunan yang sangat primitif dari tubulus ginjal, masing-masing memiliki nephrostome yang pendek . Anura dewasa (Katak Dan Kodok) terdapat kantung kemih yang sebenarnya yang pertama terbentuk dari divertikulum dari dinding ventral kloaka, Beberapa pendapat menyebutkan bahwa mungkin terdapat bagian tersendiri, dan bahkan terkadangganda (Gegenbaur, 1981).



Gambar 35. Urogenital organ of the frog
(http://biologimediacentre.com/sistem-ekskresi-2-sistem-ekskresi-pada-vertebrata

Hewan-hewan yang termasuk dalam kelas amphibi memiliki kandung kemih yang lebih berkembang daripada yang ditemukan dalam kelas pisces. Secara umum, kandung kemih tersebut merupakan hasil perluasan dari ujung pembuluh arkinefrik distal melewati pembuluh ginjal menuju kloaka, dari sini kemudian menuju ke kantong penampung urin. Pada amphibi darat, air dari urin yang telah terkumpul akan diserap kembali pada saat tertentu untuk mengimbangi kelembaban kulit yang berkurang. Sedangkan, amphibi yang hidupnya lebih lama di dalam tanah maka dapat menyerap air dari tanah selama tekanan osmotik cairan tubuh lebih tinggi daripada tegangan air di dalam tanah.

Untuk spesies katak memiliki kemampuan untuk mengatur laju filtrasi dengan bantuan hormon, sesuai dengan kondisi air di sekitarnya. Ketika berada di dalam air tawar untuk waktu yang lama,

kulit katak mengakumulasikan garam-garam tertentu dari air melalui transpor aktif dan ginjal akan mengeluarkan urin encer dalam jumlah besar. Namun, katak memiliki kandung kemih yang dapat dengan mudah terisi air. Air tersebut akan diserap oleh dinding epitelium kandung kemihnya untuk menghemat cairan tubuhnya dan nantinya akan digunakan sebagai cadangan air ketika katak tersebut berada di darat untuk waktu yang lama.

Amphibi memliki hasil ekskresi yang juga mengalami perubahan seiring dengan perkembangannya dari sebelum mengalami metamorfosis sampai setelah mengalami metamorfosis. Larva amphibi mengekskresikan dalam bentuk amonia, sedangkan berudu dan hewan dewasa mengekskresikan dalam bentuk urea.

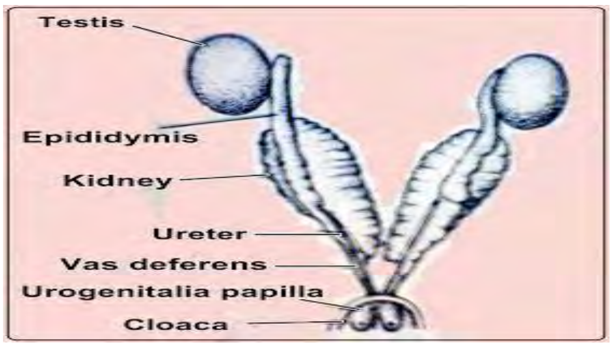
g. Anatomi urinaria pada reptil

Alat ekskresi pada reptil berupa ginjal. Zat-zat sisa diekskresikan dari ginjal dan bermuara pula di kloaka. Kelenjar kulit menghasilkan asam urine dan berguna untuk mengusir musuh.

Ginjal

Jumlah sepasang, berwarna merah-coklat, masing-masing terdiri dari 2 lobi yaitu lobus anterior dan posterior, agak pipih dan berlekatan satu sama lain. Terletak retroperitoneal (di luar dan belakang peritoneum), di daerah sacrum (Soewasono, 1974). Reptilia yang memiliki tipe ginjal atau metanephros berkembang dan segala pekerjaan eksretorisnya diatur olehnya. Pada reptil dewasa memiliki ginjal metanephros dan variable sisa mesonephros. letaknya jauh di belakang cavitas peritoneal. Bentuknya panjang, berlobus, dan, Pada ular dan kadal, kadang-kadang berfusi satu sama lain. Ginjal pada buaya dan kura-kura pendek dan Lokasinya di pelvis.

1) Ginjal (Ren), ginjal pada reptilia berupa sepasang ginjal metanefros. Bentuk ginjal kecil, kompak dan permukaannya berlobi. Pada saat embrio, reptilia memiliki ginjal tipe pronefros, kemudian pada saat dewasa berubah menjadi meseonefros hingga akhirnya menjadi metanefros. Ginjal metanefros serupa dengan mesonefros tetapi lebih ringkas dan memuat lebih banyak unit-unit renal. Metanefros berfungsi setelah pronefros dan mesonefros yang merupakan alat ekskresi saat fase embrio telah menghilang. Perkembangan tipe ginjal ini adalah untuk efisiensi ekskretori akibat meningkatnya aktivitas. Ginjal dihubungkan ke vesica urinaria (kantong kemih) oleh ureter. Vesica urinaria menyempit ke bagian posterior, berukuran kecil dan vesica urinaria ini bermuara langsung ke kloaka. Ada reptil yang memiliki kantong kemih tetapi tidak ditemukan pada buaya, kadal, dan ular sehingga asam urat yang dihasilkan ginjalnya akan keluar bersama feses melalui kloaka. Pada jenis kura-kura tertentu terdapat sepasang vesica urinaria tambahan yang juga bermuara langsung ke kloaka. Vesica urinaria tambahan ini berfungsi sebagai organ respirasi. Pada kura-kura betina, organ tersebut berfungsi ganda, yaitu selain untuk respirasi, berfungsi juga untuk membasahi tanah yang dipersiapkan untuk membuat sarang sehingga tanah menjadi lunak dan mudah digali.



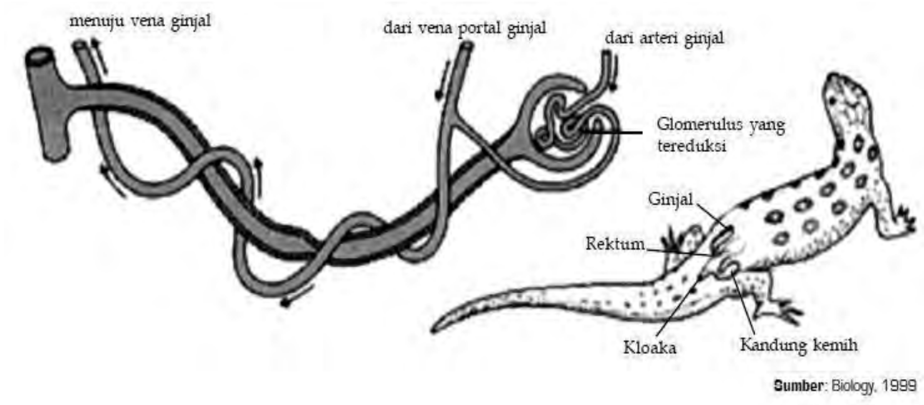
Gambar 36. Struktur Sistem Urogenital KadalSumber

Sumber: h::ttp://id.images.search.yahoo.com

2) Hasil ekskresi pada reptil yang utama berupa limbah nitrogen dalam bentuk asam urat karena kelarutan zat tersebut di dalam air lebih rendah jika dibandingkan dengan amonia atau urea, asam urat ini dapat diekskresikan dalam bentuk pasta yang berwarna putih dengan kehilangan air yang sangat sedikit sehingga dapat membantu menghemat air. Asam urat bersifat tidak terlalu toksik jika dibandingkan dengan amonia yang dihasilkan oleh mamalia.Namun begitu, beberapa jenis reptil ada juga yang mengekskresikan amonia. Misalnya, pada buaya dan kura-kura (kura-kura akuatik). Ginjal reptil hanya mempunyi nefron kortikal sehingga menghasilkan urin yang isoosmotik dengan cairan tubuh. Namun, epitelium kloaka membantu menghemat cairan dengan cara menyerap kembali sebagian air yang ada di dalam urin dan feses.

3) Kelenjar Ekskresi Garam, kajian terbaru menunjukkan bahwa sejumlah reptil memiliki kelenjar ekskresi garam di kepala yang bermuara di dekat mata (pada penyu) atau di rongga hidung. Kelenjar ini berfungsi untuk mengeluarkan garam dengan lebih cepat. Hasil ekskresi yang dihasilkan berupa air yang mengandung garam. Ekskresi garam disalurkan menuju rongga hidung dan atau disalurkan menuju muara yang berada di dekat mata, sehingga saat reptil khususnya penyu mengeluarkan air garam ini terlihat seperti mengeluarkan semacam air mata. Kelenjar garam ini sangat berkembang pada iguana laut Galaphagos (*Amblyrhyncus cristatus*), yang hidupnya bergantung pada alga laut. Setelah makan, hewan ini akan ke pantai untuk beristirahat sambil mengeluarkan garam yang terbawa saat makan. Garam tersebut dikeluarkan secara berkala melalui hidung dalam bentuk uap selama hewan bernapas. Selain ditemukan pada iguana laut dan penyu, kelenjar garam ini juga ditemukan pada ular laut dari genus *Pelamis* dan *Lacticauda*, yang sebagian besar hidupnya berada di dalam laut. Kelenjar sublingual di permukaan ventrolateral lidah mampu mengeluarkan cairan pekat

yang mengandung natrium klorida (NaCl) dan zat tersebut dikeluarkan ketika ular laut menjulurkan lidahya.



Gambar 37. Sistem ekskresi pada reptil.
Sumber: http://id.images.search.yahoo.com

Ureter

Ureter bermuara terpisah di kloaka dan tidak berhubungan dengan vesika urinaria kecuali pada chelonia sp.

Vesika Urinaria

Sebagai kantung tipis, merupakan tonjolan dinding ventral kloaka (Soewasono, 1974).

Kantung kemih allantolic ditemukan di lacertilia (Lizards) and Chelonia (Turtles), dan tidak terdapat pada yang lainya (Macmillan, 1987).

Ureter, panjang pada ular dan kadal tetapi pendek pada buaya dan kura-kura, membuka terpisah ke kloaka. Pada kura-kura betina memiliki asesoris bladder yang mana mereka isi dengan air untuk

membasahi tanah ketika menggali lubang untuk bertelur (Montagna, 1963).

Ureter

Ureterbermuara terpisah di kloaka dan tidak berhubungan dengan vesika urinaria kecuali pada chelonia sp.

Vesika urinaria

Vesika urinaria sebagian merupakan derivat kloaka dan sebagian dari basal alantois vesika urinaria tidak terdapat pada ular dan buaya. Cecak dan kura-kuramempunyai vesika urinaria yang berkembang baik dan biasanya berlobus 2 yang bermuara ke kloaka.

Gangguan pada Ginjal

Saluran urinaria terbuka terhadap serangan dari beberapa bakteri yang berbeda. Infeksi bakteri yang menyebabkan keradangan, jika radang terjadi pada uretra maka di sebut dengan urititis. Jika keradangan terjadai pada vesika urinaria maka di sebut cistitis dan akhirnya jika terjadi keradangan pada ginjal maka disebut dengan nefritis. Nefritis selalu terjadi setelah berjangkitnya strep pada sebagian tubuh lain. Komplek antigen - anti bodi sampai ke glomerulus dari arteriol dan terperangkap disitu, dan menyebabkan kelemahan yang mengakibatkan keradangan dan kerusakan glomerulus. Membran glomerulus kemudian menjadi lebih tertembus dari biasa. Dengan demikian, albumin, sel darah putih ataupun sel darah merah mungkin muncul dalam urin. Selain itu juga, kerusakan glomerulus kadang kala mengakibatkan penyumbatan glomerulus agar tidak ada lender yang bergerak kedalam tubulus.

Penyakit diabetes mellitus mengakibatkan adanya gula dalam urine. Nefritis adalah kerusakan pada glomerulus akibat adanya infeksi kuman, yang menyebabkan urea dan asam urine masuk kembali ke

dalam darah (uremia), kemampuan penyerapan air terganggu pula sehingga terjadi penimbunan air di kaki (edema).

Dari ginjal, untuk sementara waktu urine ditampung dalam kandung urine (vesika urinaria) sampai sejumlah 300cc, pengeluaran urine diatur oleh otot spingter.

Beberapa kelainan ginjal:

1) Kegagalan fungsi ginjal yang akut dapat menyebabkan nefritis, luka, pendarahan, fungsi jantung terhenti secara tiba-tiba. Gejala yang umum adalah tidak adanya pembentukan urine yang disebut anuria. Hal ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan uremia. Uremia adalah suatu kondisi beracun dimana darah mengandung zat-zat sisa urine seperti urea karena ginjal tidak berfungsi untuk mengeluarkannya. Gejala yang disebabkan uremia antara lain : pusing, nausea (rasa muak), muntah dan dalam keadaan kritis menjadi pingsan dan dapat pula meninggal.
2) Cistitis adalah radang pada membrane mukosa yang melapisi kandung kemih. Hal ini dapat disebabkan karena infeksi bakteri atau peradangan ginjal yang meluas ke kandung kemih.
3) Nefritis adalah radang pada ginjal yang menyebabkan kerusakan jaringan ginjal sehingga fungsi ginjal untuk melakukan ekskresi terganggu.
4) Nefritis yang akut biasanya terjadi pada anak-anak dan para remaja, yang disebabkan penyakit menular, terutama disebabkan penyakit jengkering (scarlet fever). Nefritis yang kronis biasanya terjadi pada orang yang lebih tua, yang ditandai tekanan darah tinggi, pengerasan pembuluh darah ginjal atau mungkin glomerolus dan tubuhnya telah rusak cukup lama.
5) Batu ginjal bila stagnasi urine terjadi, Kristal kalsium fosfat dapat menggumpal membentuk batu ginjal.

6) Agenesis ginjal adalah kegagalan pembentukan organ ginjal karena kelainan kongenital.

7) Ectopia ginjal adalah letak ginjal yang tidak normal terjadi karena migrasi selama perkembangan fetus, predisposisi : Obstruksi ureter dan hidronefrosis.

8) Hyperplasia ginjal adalah ginjal yang mengalami pembesaran lebih dari keadaan normalnya, sebagai kompensasi dari pengangkatan ginjal yang lain / atropi / unilateral congenital, PA : ginjal tampak lebih besar dari normal.

9) Hypoplasia ginjal adalah ukuran ginjal lebih kecil dari normal, unilateral / bilateral, terjadi karena kongenital , kurangnya supply darah ke ginjal PA : ginjal lebih kecil dari normal.

10) Plasia ginjal adalah abnormalitas ginjal dimana struktur penyusun jaringannya tidak sesuai. Secara mikroskopis : perkembangan nefron tidak sesuai, mesenchyme persisten > jaringannterstitial mixomatous, ductus metanephric persisten, adenomatoid tubular epithelium, diikuti dengan interstitial fibrosis dan pembesaran sel-sel glomeruli.

11) Ren soleiformait adalah ginjal yang mengalami fusi, baik bagian kranial atau kaudal dari ujung ginjal terjadi selama proses nefrogenesis, Patologi A natomi: sebuah ginjal besar(perlekatan 2 ginjal tampak 1).

12) Renal cyst yaitu adanya kista pada ginjal, kista : berdinding tipis, halus, transparan, isinya cairan, Kista simplek: bersifat soliter, Kista akuisita: - bersifat multipel / polisistik cairannya agak keruh seperti keju ‘ swiss cheese’, bersifat : Unilateral / bilateral, Predisposisi : atropi jaringan lain karena tekanan, PA : permukaan korteks ginjal tidak rata karena benjolan kista

13) Hiperemia ginjal adalah peningkatan volume darah pada ginjal. Ada 2 macam hiperemia :

    a. Hiperemia Aktif ,disebabkan oleh penyakit, contoh : Hog Cholera (Babi)
    b. Hiperemia Pasif disebabkan oleh tumor, thrombus, gangguan jantung.

14) Patologi Anatomi : ginjal membesar, warna lebih merah, bila diinsisi : banyak ada darah.
15) Hemoragi ginjal yaitu terjadinya perdarahan pada ginjal, disebabkan oleh penyakit septikemia, vasculitis, vaskular nekrosis. Kasus yang sering menyertai hemoragi ginjal adalah Hog cholera, african swine fever, salmonellosis, streptococosis, Patologi Anatomi : pada korteks terdapat perdarahan ptechiae sampai echymosa, bila diinsisi banyak darah.
16) Infark ginjal yaitu kematian jaringan ginjal karena tidak mendapat suplai darah.
17) Arteri → tersumbat / tertekan

    ↓
18) supply darah kurang

    ↓
19) Infark
20) Sumbatan dapat berasal dari :thrombus , embolus, abses, tumor, kista
21) Jika arteri renalis tersumbat maka ginjal mengalami nekrosis secara keseluruhan.
22) Bila arteri arcuata yang tersumbat, maka bagian bagian medula ginjal yang nekrosis
23) Bila arteri interlobularis tersumbat, maka bagian korteks ginjal yang nekrosis.
24) Ren cicatricocus adalah infark ginjal yang bersifat aseptis, saat recoveri membentuk banyak jaringan parut.

3. Refleksi

Sifat krits peserta didik dalam setiap mengikuti pelajaran saat ini sangat diperlukan, mengacu pada sistem pembelajaran yang baru dimana setiap siswa mencari tahu materi pembelajaran dari berbagai sumber, sehingga banyak hal dapat ditemukan selama pembelajaran. Dengan mengkaji ulang pelajaran yang telah berlalu akan lebih mempermudah peserta didik dalam melangkah pada materi berikutnya, karena ada keterkaitan antara pelajaran satu dengan yang lainnya. Apalagi bahan ajar saat ini baru sebatas dasar pembelajaran, jadi jelas bila dasarnya belum paham benar, maka akan berpengaruh negatif ketika peserta didik untuk mengembangkan meteri selanjutnya.

Pembelajaran kali ini, masih banyak yang belum tersajikan, oleh karenanya bagi siswa kreatifitas dan sifat ingin tahu lebih banyak harus dipupuk, dengan mencari acuan lebih luas pada sumber-sumber lain. Untuk mengantisipasi penerimaan bahan yang akan datang alangkah baiknya setiap dari kalian sudah membaca terlebih dahulu bahan ajar, dan ketika fasilitator menyampaikan pembelajaran anda akan lebih mudah untuk mendapatkan pemahaman.

4. Tugas

Tugas sebaiknya dilakukan secara berkelompok, dengan anggota maksimal 5 orang!

Persipkan alat dan bahan sederhana seperti cutter/pisau, gunting, nampan/baki, ember, bahan desinfektan, ayam mati, dan air.

Tugas anda adalah melakukan pembedahan sesuai prosedur, kemudian pada lapisan terakhir akan ditemukan anatomi ginjal ayam.

Tugas anda berikutnya:

a. Menentukan letak ginjal yang sebenarnya!
b. Bandingkan bentuk ginjal ayam dengan mamalia pada umumnya.
c. Telusuri dan temukanlah bentuk dan struktur sistem urinaria dari: ginjal, ureter dan uretra.
d. Adakah anda menemukan kandung kencing?
e. Gambarkan dan sampaikan hasil pengamatan anda dengan kelompok lain kemudian assosiasikan dengan hasil yang didapat oleh kelompok yang lain.
f. Sebagai penutup tugas kembalikan semua peralatan dalam keadaan bersih, dan sisa organ dikubur dengan baik!

5. Test Formatif

1. Sebutkan daerah utama yang ada pada ginjal, bila kita melakukan sayatan membujur!
2. Sistem perkemihan membantu mempertahankan....... dengan mengatur keseimbangan air dan membuang zat-zat yang merugikan.
3. Proses pelepasan air seni dari kandung kemih ke uretra adalah

   A. Miksturisi
   B. Sekresi
   C. Urinasi
   D. A dan B
   E. A dan C

4. Unit penyaring pada ginjal berjumlah jutaan yang terdiri atas penyaring, korpuskel renal, tabung pengumpul, dan pembentuk air seni adalah

   A. Ion
   B. Neuron
   C. Nefron
   D. Neutron
   E. Sefron

5. Lapisan terluar ginjal yang melapisi bagian cembung ginjal dan banyak mengandung nefron adalah

   A. Korteks
   B. Medula
   C. Sinus
   D. Hilus
   E. Lobus

Jawaban:

1. Daerah korteks ginjal, medula renal dan sinus renal.
2. Homeostasis
3. E.
4. C.
5. A.

Rangkuman

Sistem urinaria, adalah suatu sistem dimana terjadinya proses penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih di pergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan berupa urin (air kemih).

Bentuk ginjal dibedakan menjadi:

1. Unilober atau unipiramidal: Pada kuda dan anjing terjadi peleburan dari beberapa lobus, sehingga terbentuk papila renalis tunggal yang tersusun longitudinal.

2. Multilober atau multipiramidal: bentuk ini dijumpai pada babi dan sapi. Lobus (piramid) dan papila renalis lebih dari satu jelas terlihat.

Ginjal dan saluran keluarnya antara lain pada pisces, amfibi, reptil dan aves.

Fungsi Umum Ginjal

1. Mengeliminasi produk sampah dalam tubuh.
2. Mengontrol elektrolit dan keseimbangan cairan.
3. Mengatur keseimbangan asam – basa.

C. Penilaian

1. Sikap

FORMAT PENILAIAN SIKAP

KOMPETENSI KEAHLIAN :. . . . .
KELAS :. . . . .

No (n)	Aspek Sikap/ranah Non Instruksional/Attitude	Skor Perolehan									
		Believe(B)(Preferensi oleh Peserta didik ybs)					Evaluation(E)(Oleh Guru /Mentor)				
1	Kedisiplinan	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	Kejujuran										
3	Kerjasama										
4	Mengakses dan mengorganisasi informasi										
5	Tanggung jawab										
6	Memecahkan masalah										
7	Kemandirian										
8	Ketekunan										
9	Religius										

Guru Mata Pelajaran . . . . . . , . . . , ... 2013

Peserta Didik

(. . . . .) (. . . . .)

NIP. . . . . NIS. . . . .

2. Pengetahuan dan Keterampilan

ANALISIS NILAI DAN INDIKATOR (ANALISIS MATA PELAJARAN)

Nama Sekolah : SMK . . . .

Mata Pelajaran : . . . .

Tahun Pelajaran : 2013/2014

Program Keahlian : Agroteknologi

Kompetensi Keahlian : Agribisnis Ternak . . . .

Standar Kompetensi : Menjelaskan dasar-dasar anatomi ternak

Nama Guru : . . . .

Kelas : . . . .

Kompetensi Dasar	THB	Nilai	Indikator	THB
Menerapkan pengetahuan anatomi perkemihan	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4
Menalar anatomiperkemihan	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4

Kegiatan Pebelajaran 3 : Anatomi Syaraf

A. Deskripsi

Sistem syaraf terdiri atas dua bagian yaitu, syaraf pusat dan syaraf perifer. Pusat syaraf terletak pada otak dan medula spinalis (sumsum tulang belakang). Sistem syaraf pusat memiliki tugas untuk mengolah informasi yang masuk, misalnya otak depan untuk membau, otak tengah untuk melihat, dan otak belakang untuk mendengar. Sedangkan pada sistem syaraf tepi (perifer) memiliki fungsi untuk mengumpulkan informasi yang berbentuk rangsangan listrik (impuls) dari berbagai organ dalam dan luar untuk disampaikan pada syaraf pusat, juga membawa impuls dari syaraf menuju pusat motorik tubuh (Jasin, 1984).

B. Kegiatan belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Setelah pembelajaran anatomi syaraf, peserta didik diharapkan:
b. Mengetahui tentang bagian-bagian sistem syaraf pada hewan.
c. Mengetahui tentang fungsi sistem syaraf dan organ syaraf.
d. Memahami mekanisme kerja syaraf pada hewan.
e. Memahami perbedaan sistem syaraf pada berbagai hewan.

2. Uraian Materi

a. Anatomi Syaraf

Pada vertebrata, tanda pertama kemunculan sistem syaraf adalah kemunculan sel tipis di sepanjang bagian tengah punggung yang disebut piringan syaraf. Bagian dalam piringan syaraf. (sepanjang garis tengah) ditujukan untuk menjadi sistem syaraf pusat (SSP), dan

bagian luar sistem syaraf tepi (SST). Sebagaimana perkembangan berlanjut, sebuah lipatan disebut lekukan syaraf. Lekukan syaraf muncul di sepanjang garis tengah. Lipatan ini menjadi dalam dan kemudian menutup di atas. Pada titik ini SSP yang mendatang, tampak seperti struktur silindris yang disebut sebagai tabung syaraf. Tabung syaraf tempat SST yang akan jadi tampak seperti 2 garis jaringan yang disebut neurulasi.

Jaringan syaraf pada hewan sangat rumit (kompleks). Namun pada dasarnya jaringan ini terdiri dari dua jenis sel saja, yaitu neuron (sel syaraf) dan neuroglia (penyokong neuron). Neuron adalah sel yang berfungsi sebagai pembawa dan pengirim pesan/rangsang/sinyal (impuls syaraf) dan merupakan unit utama dari sistem syaraf. Sedangkan neuroglia, adalah sel yang tidak ikut berperan dalam transmisi impuls, tetapi menunjang kerja dan berfungsi memberi makan neuron.

Sistem syaraf tersusun dari satu alat komunikasi dan integrasi untuk organisme yang dicirikan oleh cepatnya reaksi dan lokalisasi yang tepat dari tempat kerjanya. Fungsinya didasarkan atas suatu infrastruktur sesuler sangat sempurna, hubungan bercabang yang menghasilkan kerja dengan ketepatan tinggi dan cepat. Pada umumnya sistem syaraf mengatur aktifitas alat-alat tubuh yang mengalami perubahan relatif cepat seperti pergerakan otot rangka, pergerakan otot polos pada alat pencernaan, dan sekresi beberapa kelnjar. Contoh fungsi syaraf dalam mengatur dan mengkoordinasikan berbagai aktivitas dari fungsi tubuh adalah hubungan sistem pencernaan dan sistem peredaran darah. Sistem pencernaan pada ternak tidak ada artinya jika tidak didampingi oleh sistem peredaran darah untuk menyerap dan mengedarkan berbagai zat makanan yang telah dicerna. Berbagai sistem tersebut bekerja sama tidak sembarangan. Waktu dan tempat dari satu perangkat kegiatan berhubungan erat dengan berbagai kegiatan lain. Beberapa kegiatan

tubuh seperti berjalan dan mengunyah merupakan kegiatan yang disadari oleh individu hewan, sedangkan kegiatan lain seperti pengaturan denyut jantung sekresi enzim dan gerakan peristaltik merupakan aktivitas yang tidak disadari(otonom). Semua dikoordinasikan oleh sistem syaraf sebagai jaringan khusus yang menghubungkan seluruh tubuh dan sebagian lain diatur oleh sistem hormonal sebagai sekresi kimia yang dikeluarkan oleh kelenjar endokrin ke dalam peredaran darah. Jadi peran utama sistem syaraf dalam kehidupan organisme adalah sebagai berikut.

1) Mengatur dan mengontrol berbagai aktivitas pada berbagai organ dan seluruh tubuh hewan. Kontraksi otot, sekresi kelenjar, kerja jantung, metabolisme, dan masih banyak proses lain yang beroperasi dalam tubuh ternak yang dikontrol oleh sistem syaraf.

2) Sistem syaraf berhubungan dengan berbagai organ dan sistem, mengoordinasi semua aktivitas dan menjamin integritas fisiologi organisme.

3) Membantu dalam pemeliharaan kesatuan organisme dengan lingkungan.

Sel Syaraf, Impuls dan Sinaps

Sel syaraf mengkhususkan diri untuk penerimaan dan transmisi rangsangan disebut neron. Neuron merupakan unit fungsional dan struktural sistem syaraf pada semua hewan multisel.

Sistem syaraf pusat terdiri atas lebih dari 100 triliun sel syaraf. Suatu neuron terdiri atas dendrit, akson badan sel dan telodendrion.

1) Dendrit merupakan bagian dari neuron yang khusus menerima rangsangan baik dari rangsangan lingkungan maupun dari sel lain.

2) Akson fungsinya untuk membagi dan mengantarkan rangsangan menjauhi zona dendrit.

3) Badan sel yang mempunyai nukleus berfungsi untuk pemeliharan metabolisme dan pertumbuhan sel syaraf.

4) Telodendrion merupakan alat distribusi/emisif. Lebar serabut syaraf berkisar antara beberapa mikrometer sampai 30 atau 40 mikrometer dan panjangnya berkisar dari satu mili sampai 1 meter lebih.

Neuron dapat diklasifikasikan sebagai unipolar, bipolar, atau multipolar berdasarkan pada beberapa benyak sel. Ada dua jenis serabut syaraf yaitu akson yang meneruskan rangsangan menjauhi badan sel dan dendrit yang membawanya ke badan sel. Pertautan antara akson suatu neuron dan dendrit lainnya di dalam rantai itu disebut sinaps.

Pada sinaps tersebut akson dan dendrit sebenarnya tidak saling menyentuh tetapi diantara kedua penjuluran tersebut terdapat celah sempit. Transmisi suatu rangsangan melalui sinaps memerlukan mekanisme yang berbeda dengan transmisi dalam serabut syaraf. Suatu rangsangan hanya dapat melewati sinaps jika datang dari akson menuju dendrit, jadi sinaps berfungsi sebagai kutub yang mencegah arus balik dari impuls.

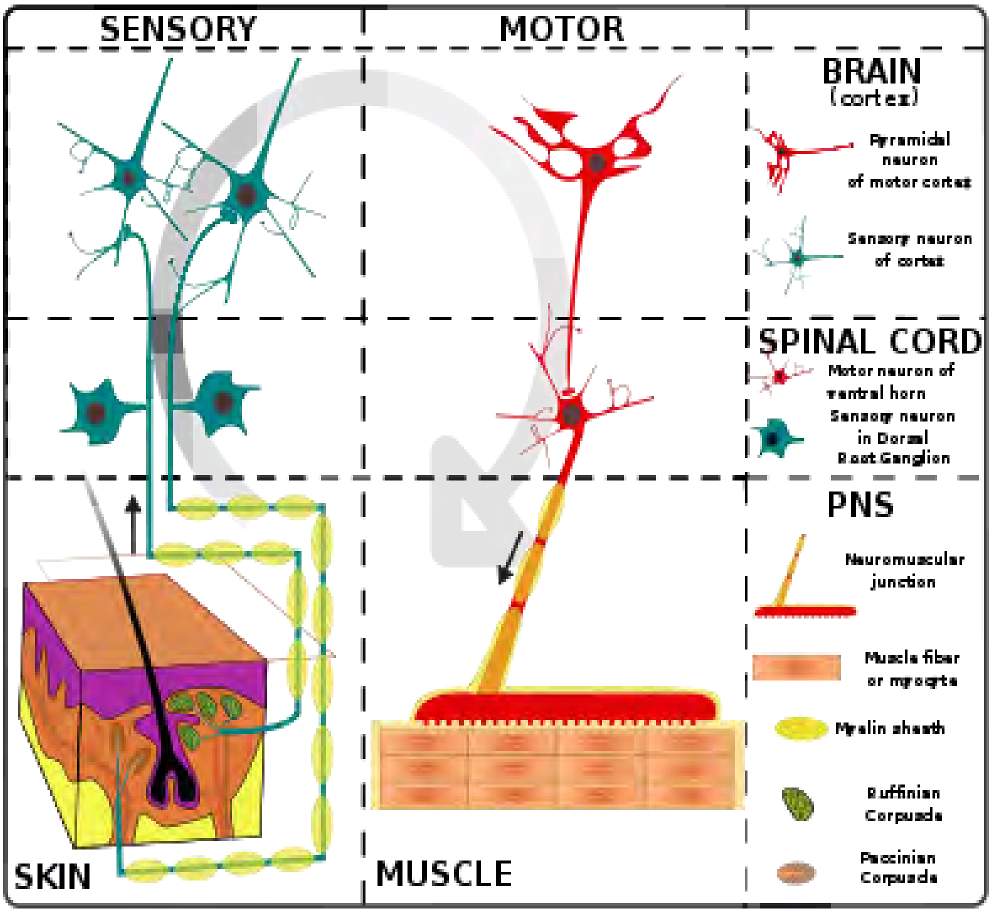
Secara fungsional neuron dibagi menjadi 3 daerah yaitu

1) Daerah generator yaitu daerah yang terbatas pada dendrit dan mempunyai ciri suatu spesifikasi yang memungkinkan untuk dirangsang oleh neutransmitter dari neuron didekatnya.

2) Daerah konduktil merupakan bagian yang terbesar dari akson neurun.

3) Daerah transmisi yaitu ujung akson yang mengalami spesialisasi untuk sekresi neurotransmiter, seperti asetilkolin dan norepineprin.

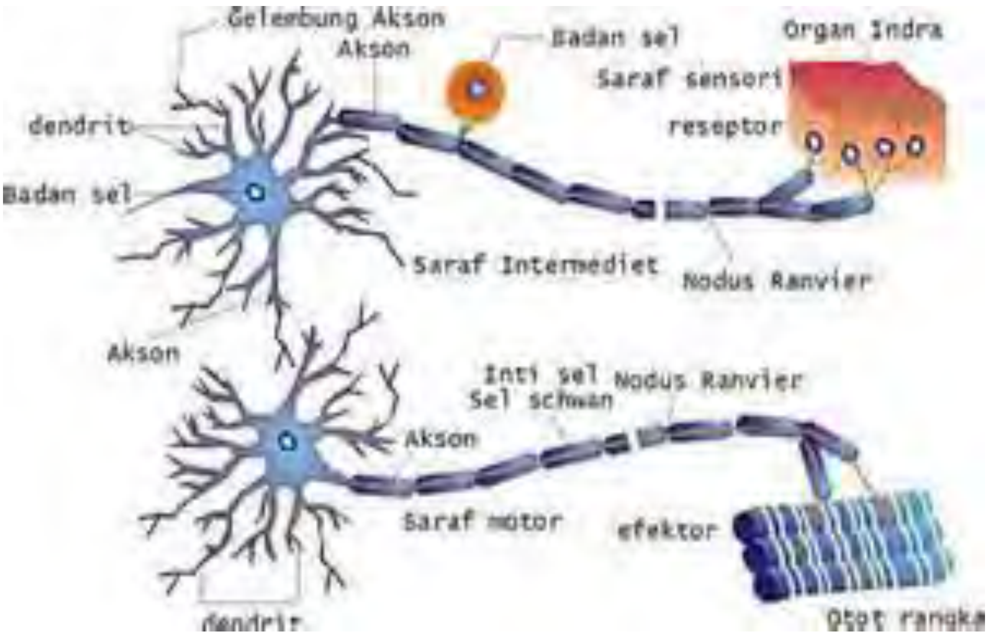
Daerah generator neuron reseptor dapat diaktifkan oleh berbagai rangsangan mekanik, kimiawi, atau termik. Bagian generator dari neuron motor dan interneuron dirangsang melalui transmisi sinaptik oleh suatu neurotransmitter yang dihasilkan oleh neuron di dekatnya Neuron dapat merupakan sel sekresi asli yang memproduksi oksitoksin dan hormon pelepas hipotalamus.



Gambar 38. neuron pada spinsl cord. (Sumber:Cambell et al. 1999)

Skema fungsi syaraf dasar yang disederhanakan: sinyal diambil oleh reseptor sensoris dan dikirim ke sumsum tulang belakang dan otak, yang merupakan tempat terjadinya proses pembentukkansinyal dikirim kembali ke sumsum tulang belakang dan kemudian ke neuron motorik.

Biasanya badan sel neuron terdapat dalam kelompok-kelompok badan sel yang terdapat di dalam sumsum tulang belakang. Lapisan badan sel dipermukaan bagian-bagian dari otak, nodul-nodul badan sel dalam otak (nukleus), dan ganglion dari syaraf kranial dan syaraf spinal.



Gambar 39. neuron pada spinsl cord. (Sumber:Cambell et al. 1999)

Suatu ganglion adalah sekelompok akson dan dendrit yang disatukan oleh jaringan ikat. Tiap serabut akson dan dendrit yang disatukan oleh jaringan ikat. Tiap serabut akson atau dendrit dikelilingi oleh neurilema/lapisan mielin atau oleh keduanya.

Neurilema adalah membran halus transparan berbentuk tabung yang terbentuk dari sel-sel yang membungkus serabut. Lapisan mielin

terbuat dari bahan lemak nonseluler yang berbentuk lapisan putih mengkilat antara serabut dan neurilema. Lapis mielin pada jarak–jarak yang cukup teratur terputus oleh kontraksi-kontraksi yang disebut Ranvier. Serabut syaraf itu "bermedula", mempunyai pembungkus mielin tebal atau "tanpa medula", dan mempunyai pembungkus mielin yang sangat tipis.

Jaringan syaraf dalam otak dan sumsum belakang disamping neuron mempunyai sel-sel penunjang yang disebut neuroglia. Sel-sel ini mempunyai banyak penjuluran sitoplasma dan sel-sel penyangga sangat rapat di mana tempat neuron itu berada.

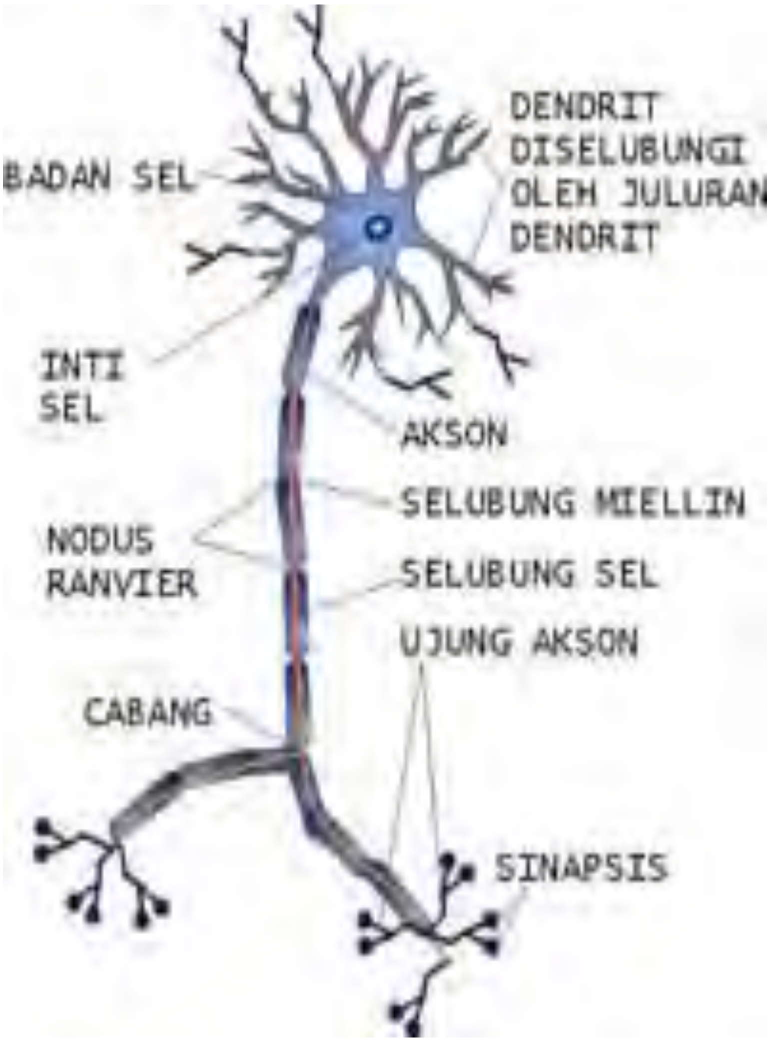
Neuroglia diperkirakan memisahkan dan mengisolasi neuron –neuron yang berdekatan, sehingga rangsangan dapat berjalan dari neuron ke neuron lainnya hanya dengan melewati sinaps yang *barrier* neuroglianya tidak sempurna.

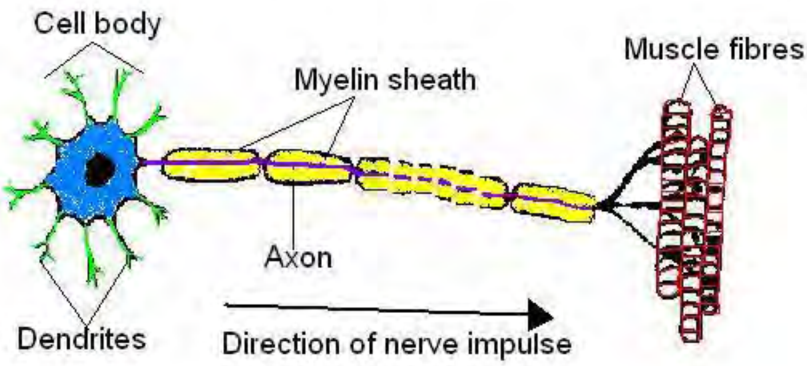
Neuron terdiri dari beberapa bagian, yaitu dendrit, badan sel, dan neurit (akson). Dendrit adalah penjuluran bercabang-cabang dari badan sel yang berfungsi untuk menerima sinyal untuk diteruskan ke badan sel syaraf. Badan sel adalah bagian utama neuron yang mengandung inti. Badan sel syaraf dapat terletak di sistem syaraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang), dapat pula di luar sistem syaraf pusat. Pada kasus pertama, disebut inti, sedangkan kumpulan badan sel di luar sistem syaraf pusat disebut ganglion (simpul syaraf yaitu akson adalah penjuluran memanjang dari badan sel yang berfungsi untuk meneruskan sinyal-sinyal dari badan sel ke neuron yang lain atau ke efektor. Fungsinya seperti kabel telepon. Neuroglia tidak ikut berperan secara langsung dalam pengiriman sinyal. Fungsinya adalah menyokong, merawat dan melindungi neuron. Macamnya lebih banyak dari neuron. Dua diantaranya adalah sel Schwan yang membungkus akson pada sistem syaraf tepi, dan sel oligodendrosit yang juga membungkus akson. Kedua sel tersebut menghasilkan selubung myelin. Myelin berfungsi seperti selubung

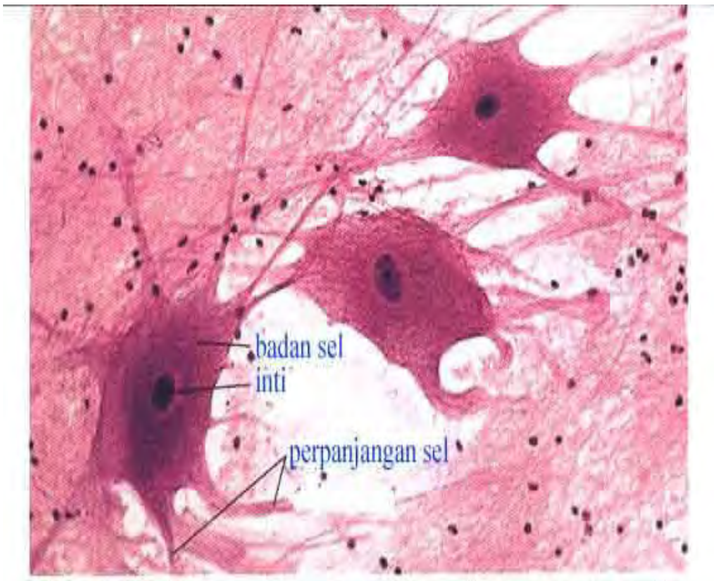
isolator pada akson. Myelin tidak membungkus seluruh akson. Bagian akson yang terbuka ini disebut nodus Ranvier. Adanya myelin perjalanan sinyal jauh lebih cepat. Kecepatannya dapat mencapai 150 meter per detik. Karena perjalanan sinyal sepanjang akson berlangsung dengan cara melompati daerah-daerah yang bermyelin.

Ada tiga jenis neuron berdasarkan pada cara neuron memindahkan rangsangan dan posisi yang ditempati neuron yaitu :

1) Neuron sensorik, berhubungan dengan reseptor (indra dan organ sensoris lainnya) untuk menghantarkan rangsang (stimulus) dari reseptor ke sistem syaraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Badan sel neuronsensori bergerombol membentuk ganglion yang berlajut ke sumsum tulang belakang. Akson neuron sensori membawa rangsangan menuju ke jaringan syaraf pusat.
2) Neuron konektor/interneuron, berfungsi menghubungkan neuron motorik dan sensorik, terletak di dalam sistem syaraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Neuron ini disebut juga neuron ajustor, karena berfungsi mengolah informasi yang di terimanya untuk kemudian diteruskan sebagai respon ke efektor. Neuron intermediet membentuk mata rantai dan terdapat didalam sistem syaraf pusat.
3) Neuron motorik, berfungsi menghantarkan tanggapan (respons) dari sistem syaraf pusat ke efektor (otot atau kelenjar) yang akan melakukan respon tubuh. Pada umumnya, neuron motorik menerima impuls dari neuron intermediet. Akan tetapi, ada kalanya impuls ditransmisikan secar langsung dari neuron sensori ke neuron motor.


DENDRIT DISELUBUNGI OLEH JULURAN DENDRIT
BADAN SEL
INTI SEL
AKSON
SELUBUNG MIELLIN
NODUS RANVIER
SELUBUNG SEL
UJUNG AKSON
CABANG
SINAPSIS


Cell body
Muscle fibres
Myelin sheath
Axon
Dendrites
Direction of nerve impulse



Gambar 40. Neuron pada spinal cord. (Sumber:Cambell et al. 1999)

Pertemuan antara ujung-ujung akson suatu neuron dengan neuron lain atau dengan efektor disebut sinapsis. Pada sinapsis, ada celah yang memisahkan dua neuron. Sinyal yang sampai di ujung akson akan diteruskan dengan bantuan neurotransmiter, yaitusuatu senyawa yang dihasilkan oleh ujung akson. Salah satunya bernama asetilkolin, zat penghantar untuk syaraf sadar. Senyawa ini penting dalam memori, belajar dan berfikir. Contoh lainnya adalah epinefrin, sebagai penghantar syaraf tidak sadar. Senyawa ini berkaitan dengan stres, denyut jantung dan tekanan darah.

Pada tingkatan paling dasar, fungsi sistem syaraf adalah untuk mengirimkan sinyal dari satu sel ke sel lain, atau dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh lain. Ada berbagai cara sebuah sel dapat mengirimkan sinyal ke sel lain. Salah satunya dengan cara melepaskan bahan kimia yaitu hormon ke dalam sirkulasi internal, sehingga mereka dapat berdifusi tempat-tempat yang jauh. Berbeda dengan modus pensinyalan "pemancaran", sistem syaraf menyediakan sinyal dari satu tempat ke tempat lain, neuron memproyeksikan akson-akson mereka ke daerah sasaran spesifik dan membentuk koneksi

sinaptik dengan sel sasaran spesifik. Oleh sebab itu, pensinyalan neural memiliki spesifitas yang jauh lebih tinggi tingkatannya daripada pensinyalan hormonal. Hal tersebut juga lebih cepat: sinyal syaraf tercepat berjalan pada kecepatan yang melebihi 100 meter per detik. Pada tingkatan lebih terintegrasi, fungsi primer sistem syaraf adalah untuk mengontrol tubuh. Hal ini dilakukan dengan cara mengambil informasi dari lingkungan dengan menggunakan reseptor sensoris, mengirimkan sinyal yang mengodekan informasi ini ke dalam sistem syarafpusat, memproses informasi untuk menentukan sebuah respons yang tepat, dan mengirim sinyal keluaran ke otot atau kelenjar untuk mengaktivasi respons. Evolusi sebuah sistem syaraf kompleks telah memungkinkan berbagai spesies hewan untuk memiliki kemampuan persepsi yang lebih maju seperti pandangan, interaksi sosial yang kompleks, koordinasi sistem organ yang cepat, dan pemrosesan sinyal yang berkesinambungan secara terintegrasi .

Elemen utama dalam transmisi sinaptik adalahsebuah gelombang elektrokimia yang disebut neuron. Ketika gelombang mencapai sebuah sinaps, ia akan memicu pelepasan sejumlah kecil molekul neuro transmiter, yang berikatan dengan molekul reseptor kimia yang terletak di dalam membran sel sasaran.

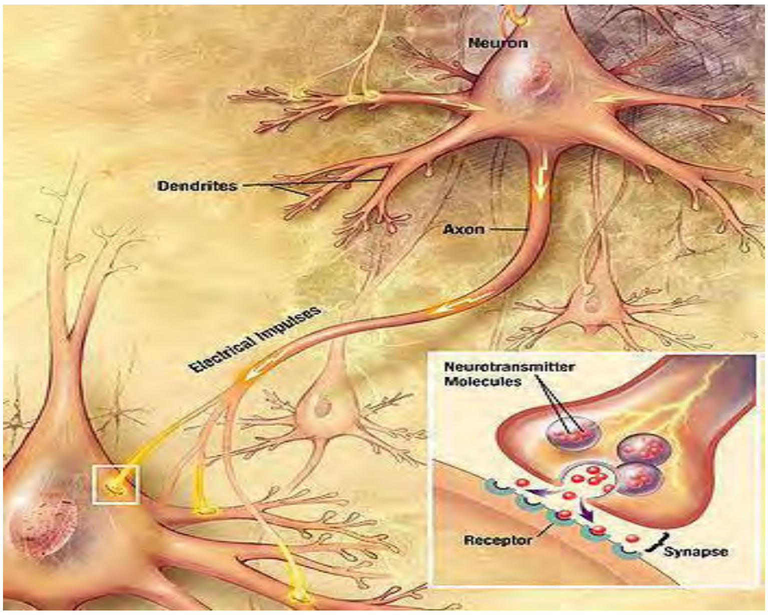
Kebanyakan neuron mengirimkan sinyal melalui akson walaupun beberapa jenis mampu melakukan komunikasi dendrit ke dendrit. Sinaps dapat berupa elektrik atau kimia. Sinaps elektrik membuat hubungan elektrik langsung di antara neuron-neuron. Banyak sinaps menggunakan lebih dari 1 neurotransmitter, sebuah pengaturan umum untuk sebuah sinaps adalah menggunakan sebuah molekul neurotransmiter kecil yang bekerja cepat seperti asam glutamat.

Di sebuah sinaps kimia, sel mengirimkan sinyal yang disebut presinaptik, dan sel yang menerima sinyal disebut postsinaptik. Baik presinaptik dan postsinaptik penuh dengan mesin molekular yang

membawa proses sinyal. Daerah presinaptik mengandung sejumlah besar vessel bulat yang sangat kecil yang disebut vesikel sinaptik, dipenuhi oleh bahan-bahan kimia neurotransmitter. Ketika terminal presinaptik terstimulasi secara elektrik, sebuah susunan molekul yang melekat pada membran teraktifasi, dan menyebabkan isi dari vesikel dilepaskan ke dalam celah sempit di antara membran presinaptik dan postsinaptik, yang disebut Celah sinaptik Neurotransmitter kemudian berikatan dengan reseptor yang melekat pada membran postsinaptik, menyebabkan neurotransmiter masuk ke dalam status teraktifasi.

Impuls

Impuls yang dapat dikatakan secara sederhana adalah berita yang merambat pada sebuah serabut syaraf. Menurut teori membran tentang penyaluran syaraf, peristiwa listrik yang terdapat di dalam serabut syaraf diatur oleh permeabilitas deferensial dari membran neuron terhadap ion natrium dan kalium, permeabilitas ini diatur oleh bidang listrik melalui membran.



Gambar 41. Neuron dan Sinaps. (Sumber:Cambell et al. 1999)

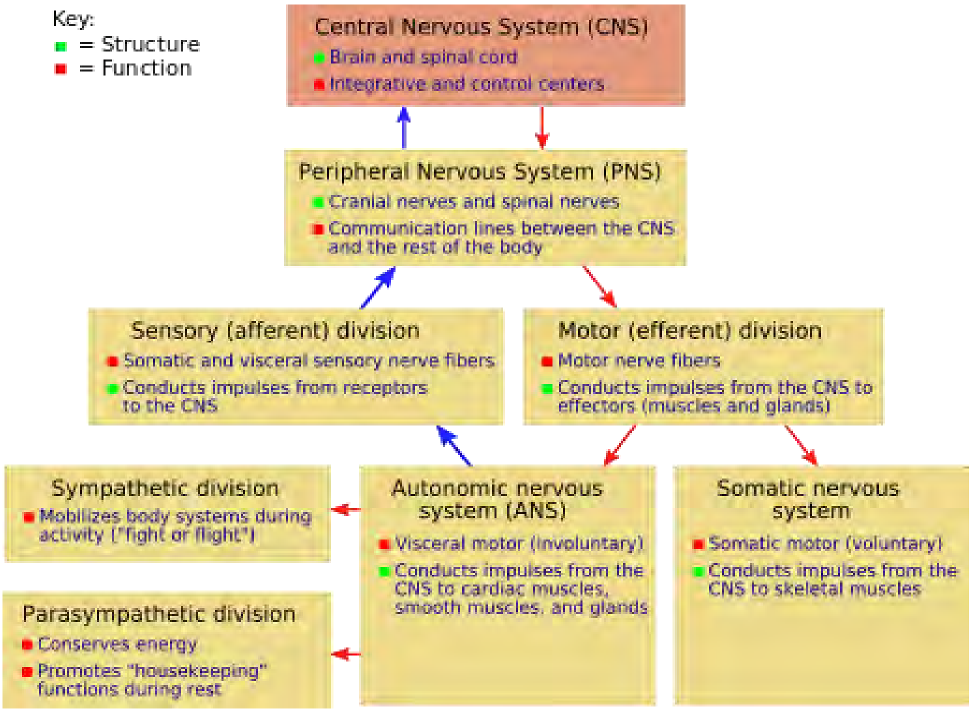
Interaksi kedua faktor ini adalah permeabilitas deferensial dan medan listrik, menimbulkan suatu persyaratan ambang perubahan kritis agar dapat terjadi suatu eksitasi.

Eksitasi adalah pelepasan regeneratif energi listrik dari membran syaraf dan penyaluran perubahan sepanjang serabut merupakan aksi potensial, yaitu depolarisasi membran elektrokimia semua atau tidak sama sekali.

Terdapat dua faktor yang mempengaruhi kecepatan merambatnya suatu impuls, yaitu selaput mielin dan diameter serabut syaraf. Seperti yang dikemukakan sebelumnya, selaput mielin pada akson mengandung lemak dan membungkus akson tidak secara kontinyu, tetapi setiap interval 1 mm terdapat ruas *(node of ranvier)*yang tidak mempunyai mielin dan hanya mempunyai akson dan neurilemma. Pada akson yang mempunyai mielin, terjadi lompatan potensial kerja dari satu ruas ke ruas lainnya, sehingga kecepatan merambatnya lebih tinggi dibandingkan dengan akson yang tidak mempunyai mielin. Diameter serabut syaraf juga mempengaruhi kecepatan penghantaran impuls, semakin besar diameter serabut syaraf semakin cepat merambatnya suatu impuls.

Akson yang berdiameter 160 mm merambatkan impuls lebih dari 45 m per detik atau 100 kali lebih cepat dari kecepatan impuls biasa pada serabut syaraf. Ini terbukti pada beberapa hewan invertebrata yang mempunyai akson raksasa*(giant axon)* seperti cacing laut beberapa jenis udang dan cumi, akson raksasa menyebabkan rambatan impuls menjadi cepat dan ini penting untuk respon penyelamatan dengan cepat.

b. Sistem Syaraf



Gambar 42. Sistem syaraf. (Sumber:Cambell et al. 1999)

Sistem syaraf secara garis besar dapat dibagi menjadi dua bagian.

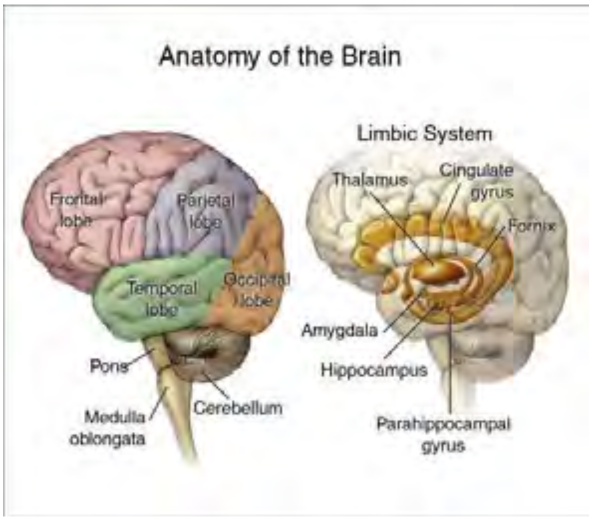
1) Sistem syaraf pusat (central nervous system = CNS) yang mencakup otak dan korda spinalis. Otak terletak di dalam bagian kranial tengkorak, Korda spinalis terletak di dalam rongga vertebral. Sistemsyaraf pusat memiliki tugas untuk mengolah informasi yang masuk, antara lain otak depan untuk membau, otak tengah untuk melihat, dan otak belakang untuk mendengar. Sedangkan pada sistem syaraf tepi (perifer) memiliki fungsi untuk mengumpulkan informasi yang berbentuk rangsangan listrik (impuls) dari berbagai organ dalam dan luar untuk disampaikan pada syaraf pusat, juga membawa impuls dari syaraf menuju pusat motorik tubuh (Jasin, 1984).

Sistem syaraf pusat terdiri dari otak dan sumsum. Otak dibedakan menjadi otak besar, otak tengah, otak depan dan otak kecil. Sumsum dibedakan menjadi sumsum lanjutan dan sumsum tulang belakang.

Sistem syaraf pusat, baik otak maupun sumsum dilindungi oleh suatu selaput yang terdiri atas jaringan pengikat yang disebut meninges. Meninges dapat dibedakan atas 3 macam, yaitu lapisan paling luar disebut durameter, merupakan selaput yang kuat, lapisan yang ditengah disebut arachnoid, sedang lapisan yang paling dalam, dan juga paling tipis disebut piameter. Di antara piameter dan arachnoid terdapat ruang yang disebut ruang subarachnoid, berisi cairan yang disebut sebagai cairan serebrospinal. Cairan ini juga merupakan pelindung karena sifatnya meredam benturan yang mungkin terjadi, baik pada otak, yaitu antara otak dan tulang kepala, maupun pada sumsum tulang belakang yaitu, antara sumsum tulang belakang dengan tulang belakang.

Sistem syaraf pusat terdiri dari:

a) Otak Besar



Gambar 43. Anatomi otak. (Sumber:Cambell et al. 1999)

Otak besar atau serebrum terdiri dari bagian belakang (lobus oksipitalis), bagian samping (lobus temporalis) dan bagian depan (lobus frontalis). Lobus oksipitalis mempunyai peranan yang berhubungan dengan penglihatan. Bahkan sebuah pukulan yang diarahkan pada otak bagian belakang ini dapat menimbulkan sensasi adanya kilatan cahaya. Bila bagian ini rusak atau diambil, penderita akan mengalami kebutaan meskipun faal matanya normal.

Pusat pendengaran terletak pada serebrum bagian samping (lobus temporalis) di sebelah atas telinga. Serebrum juga dibedakan menjadi bagian depan (lobus frontalis) dan bagian belakang (lobus parientalis) yang disebabkan adanya suatu lekukan atau parit. Serebrum bagian depan ada kaitannya dengan pengendalian gerak otot, sedang serebrum bagian belakang bersifat sensorik karena peka terhadap perubahan yang menyangkut panas, dingin, tekanan dan sentuhan pada alat indera di kulit.

Mengingat bahwa serebrum dapat menerima sensasi penginderaan, dan juga ada bagian yang mengendalikan dan mengatur kerja organ-organ tertentu sehingga bersifat motorik, maka serebrum dapat dibedakan menjadi beberapa area (daerah), yaitu: 1. area sensorik, yang ada kaitannya dengan penerimaan rangsang dari organ penerima (reseptor) yang terletak di indera, 2. area motorik, yang berperan untuk merespons rangsang yang sampai ke otak, melalui informasi atau perintah yang dikirim ke pelaksana atau efektor, seperti otot dan kelenjar, dan 3. area asosiasi, yang menghubungkan area motorik dan area sensorik.

Area asosiasi merupakan area yang memegang peranan penting dalam proses belajar, seperti berpikir, membuat suatu keputusan atau kesimpulan, menyimpan ingatan dan yang berkaitan dengan belajar bahasa.

b) Otak Tengah

Otak tengah memegang peranan pada refleks mata, juga yang berkaitan dengan tonus otot dan posisi atau kedudukan tubuh. Tonus otot adalah suatu kontraksi sebagian dari otot secara terus-menerus.

c) Otak Depan

Otak depan (diensefalon) terdiri atas talamus dan hipotalamus. Talamus berfungsi untuk menerima semua rangsangan yang berasal dari reseptor, kecuali bau, dan selanjutnya meneruskan ke area sensorik serebrum. Hipotalamus mempunyai fungsi yang berkaitan dengan pengaturan suhu, pengaturan nutrian, penjagaan agar tetap bangun dan penumbuhan sifat agresip.

d) Otak Kecil

Otak kecil (serebelum) memegang peranan dalam pengaturan yang terkoordinasi terhadap otot, tonus otot, keseimbangan dan posisi tubuh. Gerakan yang halus dan luwes juga terkoordinasi oleh serebelum ini. Koordinasi adalah berfungsinya alat-alat yang saling berhubungan secara selaras dan teratur, khususnya tentang pengaturan otak besar terhadap kegiatan kelompok-kelompok otot dalam melaksanakan gerakan.

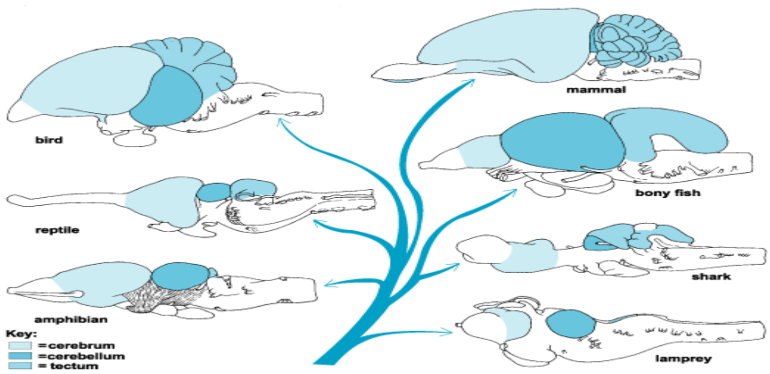
e) Sumsum Lanjutan

Peranan sumsum lanjutan atau medula oblongata adalah mengatur denyut jantung, menyempitkan pembuluh darah,

melakukan gerak menelan, batuk, bersin dan bersendawa serta muntah. Bagian sumsum lanjutan yang menghubungkan sumsum tulang belakang dan otak disebut pons. Pada bagian ini terjadi pengaturan pernapasan.

f) Sumsum Tulang Belakang

Sumsum tulang belakang merupakan lanjutan medula oblongata terus ke bawah sampai ke vertebra lumbalis kedua. Di bagian tengah berkas syaraf dijumpai adanya saluran yang berisi cairan serebrospinal, seperti yang terdapat di otak. Pada potongan melintang, bentuk sumsum tulang belakang dengan bagian tengah yang berwarna kelabu terlihat seperti huruf H, sedangkan di bagian luarnya berwarna putih karena mengandung dendrit dan akson, bentuknya seperti tiang. Bangunan yang seperti huruf H atau sayap tersebut dibedakan menjadi sayap ventral yang mengandung badan neuron motorik, yang aksonnya menuju efektor, sedangkan sayap dorsal mengandung badan neuron sensorik. Sumsum tulang belakang memegang peranan pada terjadinya refleks. Ventral artinya mengenai atau mengarah ke perut. Dorsal artinya mengenai atau mengarah ke punggung.



Gambar 44. Perbandingan otak berbagai hewan(Sumber:Cambell et al. 1999)

2) Sistem syaraf perifer (peripheral nervous system) yang terdiri atas atas syaraf kranial dan syaraf spinal yang menuju ke struktur somatik (badan) serta syarafsyaraf otonom yang menuju ke struktur viceral (otot polos, otot jantung, dan kelenjar)

syaraf kranial : keluar melalui foramen kranial tengkorak.

syaraf spinal : keluar melalui foramen invertebral.

Sistem syaraf para simpatik, bagian kraniosakral.

Sistem syaraf tepi (sistem syaraf perifer) pada dasarnya terdiri dari lanjutan sel syaraf yang berfungsi untuk membawa impuls syaraf atau rangsangan syaraf menuju ke dan dari sistem syaraf pusat. Dari segi arah impuls, sistem syaraf tepi dapat dibedakan menjadi 1. sistem aferen, yang membawa impuls syaraf dari reseptor menuju ke sistem syaraf pusat, dan 2. sistem syaraf eferen, yang membawa impuls syaraf dari sistem s syaraf pusat ke efektor. syaraf

Dari segi asal atau kaitannya, sistem syaraf tepi dibedakan menjadi

a) Syaraf otak atau syaraf kranial, berjumlah 12 pasang, dan

b) Syaraf tulang belakang, berjumlah 31 pasang.

Syaraf yang berasal dari sumsum tulang belakang dan berkaitan dengannya merupakan campuran berbagai syaraf, karena yang berasal dari akar dorsal yang bersifat sensorik, kemudian menjadi satu ikatan dengan syaraf yang berasal dari bagian ventral yang sifatnya motorik.

Impuls syaraf dapat bekerja karena adanya proses konduksi. Konduksi ini dapat terjadi karena adanya loncatan listrikyang disebabkan karena antara neuron satu dengan yang lain

terdapat jarak yang disebut sinapsis. Konduksi semacam ini disebut sinapsis listrik. Hal ini dimungkinkan karena plasma sel syaraf dalam keadaan istirahat sehingga membran bagian luarnya bermuatan listrik positif. Pada waktu ada impuls maka membran yang bermuatan positif akan berubah menjadi negatif dan membran yang berikutnya juga akan menjadi negatif sedang yang bermuatan negatif kembali menjadi positif. Demikian seterusnya sehingga terjadi konduksi impuls.

Selain sinapsis listrik dikenal pula adanya sinapsis kimiawi, yaitu informasi disampaikan melalui suatu zat kimia tertentu, yang disebut neuro transmitter. Konduksi impuls hanya berlangsung ke satu arah, dari neuron prasinapsis ke neuron pasca-sinapsis. Selain sinapsis antarneuron, juga dikenal adanya sinapsis antara neuron dan otot (muskulus). Sinapsis semacam ini disebut sinapsis neuro-muskeler, dan yang menghubungkan sel syaraf dengan sel kelenjar, disebut sinapsis neuroglanduler (grandula adalah istilah untuk kelenjar).

3) Lengkung Refleks dan Gerak Refleks

Refleks pada dasarnya merupakan suatu mekanisme respons dalam rangka mengelakdari suatu rangsangan yang dapat membahayakan atau mencelakakan. Ciri refleks adalah respon yang terjadi berlangsung secara cepat dan tidak disadari oleh yang bersangkutan. Refleks semacam ini digolongkan pada refleks bawaan yang pusatnya pada sumsum tulang belakang. Impuls syaraf berasal dari reseptor dibawa oleh syaraf aferen, yang bersifat sensorik, menuju ke sistem syaraf pusat, yaitu sumsum tulang belakang. Di sumsum tulang belakang impuls ditransfer oleh neuron asosiasi dari neuron sensorik ke neuron

motorik. Dari neuron motorik impuls dialirkan melalui syaraf motorik ke efektor.

Mari kita coba untuk mengingat bagaimana bila seseorang kakinya tertusuk duri? Gerak spontan yang terjadi adalah yang bersangkutan menarik kakinya. Hal ini jelas merupakan gerak refleks, tetapi sering terjadi adanya kemungkinan bahwa selain yang bersangkutan menarik kakinya juga berteriak mengaduh secara spontan. Demikian pula dengan kedua tangannya yang langsung memegang kaki yang ditarik tersebut. Bila hal ini terjadi, maka refleks semacam ini disebut refleks kompleks sebagai kebalikan refleks tunggal yang hanya mengikut sertakan efektor tunggal. Ada kemungkinan bahwa teriakan mengaduh tersebut tidak terjadi secara spontan, artinya ada waktu tenggang yang agak lama. Bila hal ini terjadi, maka semua gerak tadi adalah refleks, kecuali teriakan mengaduh yang merupakan gerak yang disadari. Ini berarti bahwa selain ada impuls syaraf yang menuju ke pusat refleks (sumsum tulang belakang), juga ada impuls syaraf yang menuju ke pusat sadar (otak besar).

Ada pula respons yang terjadi dengan cepat dan tidak disadari karena sifatnya rutin (sudah dilakukan berkali-kali), yaitu respons yang dilakukan dengan kesadaran penuh, bila dilakukan berulangkali maka akhirnya akan terjadi respons dengan “tidak disadari”. Misalnya, bila kepada seorang pelajar SMK ditanyakan berapa 7×8, maka secara spontan yang bersangkutan dapat menjawab hasilnya secara benar. Berbeda dengan kalau hal ini ditanyakan kepada seorang anak SD kelas IV, maka ia akan berpikir lama untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut. Orang awam akan menyebut peristiwa ini sebagai refleks, bukan refleks bawaan tetapi refleks yang dipelajari. Tentu saja, istilah ini tidak benar, karena impuls syaraf semuanya menuju ke otak besar sebagai pusat kesadaran. Bagaimana dengan gerak

spontan pada seseorang yang telah mendalami bela diri, katakanlah seorang yang dijuluki pendekar, apakah tergolong refleks?

4. Sistem Syaraf Otonom

Sistem syaraf otonom merupakan sistem yang mengendalikan gerak organ-organ tubuh yang bekerja secara otomatik, seperti denyut jantung, gerak otot polos pada organ-organ dalam, perubahan pupil, dan kontriksi (mengkerut) dan dilatasi (melebarnya) pembuluh darah. Sifat sistem syaraf otonom tersebut adalah motorik, dengan demikian digolongkan pada syaraf eferen.

Meskipun demikian ada perbedaan antara syaraf otonom yang eferen ini dengan syaraf yang tergolong pada sistem syaraf perifer yang eferen. Sasaran syaraf perifer yang eferen adalah otot-otot yang bekerja di bawah kehendak, yang dinamakan sebagai syaraf eferen somatik, sedang syaraf eferen yang tergolong pada sistem syaraf otonom sasarannya adalah organ dalam (viseral), yang dinamakan viseral eferen.

Sistem syaraf otonom terdiri dari (1) syaraf simpatik, dan (2) syaraf parasimpatik. Kedua syaraftersebut bekerja pada efektor yang sama, namun pengaruh kerjanya adalah berlawanan. Karena itu dikatakan keduanya bersaifat antagonistik.

Ada anggapan bahwa efek kerja syaraf simpatik adalah memacu atau mempercepat kerja organ, sedang syaraf para simpatik bekerja menghambat atau memperlambat kerja organ. Dalam hal tertentu hal ini memang benar, seperti yang terjadi pada jantung. syaraf simpatik mempercepat denyut jantung, sedang syaraf para simpatik memperlambat denyut jantung, sehingga jantung kembali berdenyut secara normal. Akan tetapi dalam hal lain, seperti pada alat pencernaan terjadi sebaliknya, proses

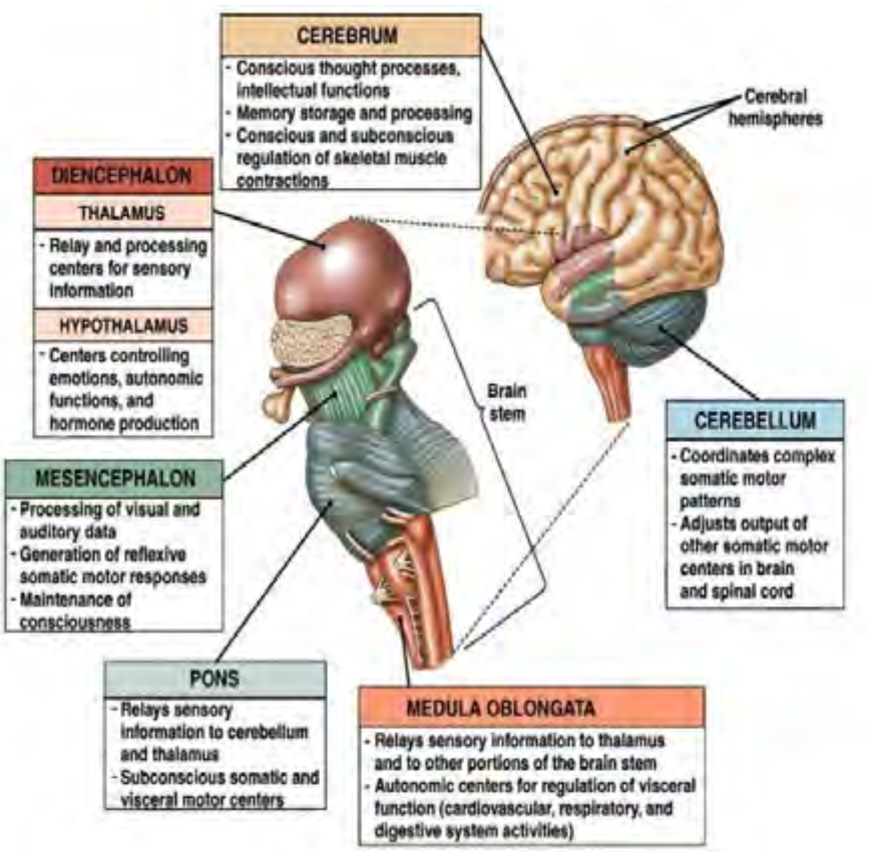
pencernaan dipercepat oleh syaraf para simpatik dan diperlambat oleh syaraf simpatik sehingga kembali normal.

Dari efek kerja yang berlawanan tersebut, jelas bahwa produknya suatu peristiwa yang menuju pada keadaan yang normal. Bandingkan hal ini dengan efektor yang kerjanya dipacu oleh syaraf motorik yang bukan syaraf otonom. Efektor tersebut memang akhirnya akan kembali bekerja secara normal, tetapi memerlukan waktu yang lama, dan tergantung adanya pacuan tersebut. Bila sudah tidak ada pacuan lagi maka secara perlahan-lahan efek tersebut akan hilang.

Sistem syaraf otonom tidak sepenuhnya otonom, dalam arti bahwa kerjanya tidak ada yang mempengaruhi. syaraf otonom dapat dipengaruhi antara lain oleh hipotalamus yang mempunyai hubungan baik dengan syaraf parasimpatik maupun syaraf simpatik. Bagian posterior dan lateral hipotalamus, bila dirangsang akan mempercepat denyut jantung, menaikkan tekanan darah karena adanya kontriksi pembuluh darah, juga menaikkan kecepatan respirasi, melebarnya pupil dan menghambat kegiatan saluran pencernaan. Bagian depan dan sisi medial hipotalamus mengendalikan syaraf parasimpatik. Efeknya berupa kebalikan efek yang disebabkan oleh syaraf simpatik.

Kerja normal anggota tubuh, secara tidak sadar adalah dalam keadaan terkoordinasi dengan baik. Organ yang berfungsi mengatur koordinasi anggota tubuh dengan normal adalah otak kecil (serebelum). Serebelum tidak hanya mengatur koordinasi anggota tubuh saja, tetapi juga posisi tubuh secara keseluruhan, dan hubungan antara organ tubuh dengan benda-benda yang di luar tubuh. Lokasi bagian-bagian tubuh kita pun telah "terpetakan" sehingga dapat berkoordinasi dengan anggota

tubuh yang lain dan dapat terjangkau walaupun tidak dengan pertolongan indera.



Gambar 45. Susunan syaraf pusat dan tepi (Sumber:Cambell et al. 1999)

c. Hubungan Hormon dan Syaraf

Sistem syaraf dan sistem endokrin keduanya tergolong dalam sistem koordinasi. Semua sistem koordinasi berkaitan dengan proses penyampaian informasi pada sinapsis listrik yaitu yang menyangkut penyaluran informasi melalui syaraf karena adanya perubahan muatan listrik pada saat terjadi impuls. Penyaluran informasi melalui zat kimia disebut neurotransmiter.

Penyaluran informasi melalui syaraf ternyata lebih cepat dibanding dengan penyaluran informasi melalui sistem endokrin, karena

hormon yang dihasilkan dan berperan dalam informasi tersebut harus masuk terlebih dahulu ke dalam peredaran darah. Dengan demikian, sasaran penyaluran informasi melalui syaraf adalah pasti, sedang saluran informasi melalui sistem endokrin tidak demikian. Mengapa? Namun demikian, informasi yang dibawa oleh sistem syaraf adalah terlalu umum, yaitu semuanya diterjemahkan dalam bentuk muatan positif dan negatif, sedangkan informasi melalui hormon bersifat khusus sesuai dengan sifat zat, karena hormon adalah zat kimia. Suatu hubungan yang unik antara kelenjar hormon dan sistem syaraf adalah hipofisis yang dikenal sebagai “the master gland” karena mempengaruhi banyak kelenjar endokrin, ternyata sifatnya tidak otonom. Kerjanya dipengaruhi oleh hipotalamus. Sebagai contoh adalah orang yang lari ketakutan dan mempunyai energi yang luar biasa, disebabkan oleh kerja hormon adrenalin, tetapi hormon ini baru bekerja setelah ada stimulus dari syaraf. Perlu diketahui bahwa keputusan untuk lari atau melawan dipengaruhi oleh pertimbangan sadar tentang kekuatan lawan dan sekaligus kekuatan diri sendiri.

Hal yang menunjukkan adanya kerjasama sistem endokrin dengan sistem syaraf adalah keadaan yang menyebabkan seseorang dalam situasi gawat karena mengalami dehidrasi atau kehilangan air. Keadaan ini dilacak oleh syaraf tertentu di hipotalamus, yang selanjutnya meneruskan ke kelenjar hipofisis yang kemudian menghasilkan hormon anti-diuretik, sehingga pembuangan cairan dalam bentuk urine terhenti.

d. Hubungan Indera dengan syaraf

Reseptor yang bertugas menerima rangsang disebut indera. Pancaindera , yaitu indera-indera yang terdapat pada kulit (peraba), lidah, hidung, telinga dan mata terdiri atas alat penerima rangsang dan urat syaraf yang membawa dan memberitahukan rangsang

tersebut ke pusat syaraf. Indera hanya dapat bekerja sempurna apabila:

1) Tidak ada gangguan pada alat penerima rangsang.
2) Tidak ada gangguan pada urat syaraf penghubung dan pusat syaraf
3) Tidak ada gangguan pada pusat syaraf di otak.

Kita memiliki alat menerima rangsang dari luar (eksteroseptor), rangsang dari dalam (interoseptor), dan rangsang yang ada di dalam otot (proprioseptor).

Indera peraba dan perasa mempunyai tangoreseptor yang terdapat pada kulit. Beberapa diantaranya merupakan ujung urat syaraf bebas dan berkelompok yang terselubung disebut ujung syaraf korpuskel, atau puting peraba. Indera peraba dan perasa tersebut di seluruh permukaan kulit, dengan jumlah yang tidak sama. Pada ujung jari terdapat amat banyak, demikian pula pada telapak tangan, telapak kaki, bibir dan alat kelamin. Rangsang yang dapat diterima, berupa panas, dingin, kasar, dan halus. Indera peraba dan perasa terdapat pula di dalam alat-alat dalam tubuh, sehingga kita dapat merasa lapar, haus, rasa ingin kencing dan sebagainya.

Indera Pendengar dan Keseimbangan:

Indera pendengar dan keseimbangan terdapat pada telinga dalam. Telinga terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian luar, merupakan penangkap getaran bunyi, dan bagian tengah yang meneruskan ke bagian dalam.

Getaran suara yang ditangkap telinga bagian luar menggetarkan gendang telinga (membran timpani). Getaran ini, pada bagian tengah telinga diteruskan oleh tulang-tulang pendengar yang jumlahnya tiga buah, yaitu martil (maleus), landasan (inkus), dan sanggurdi (stapes).

Oleh tulang-tulang tersebut, getaran diteruskan ke telinga bagian tengah, yang disebut labirin.

Labirin terdiri atas dua bagian, yaitu labirin tulang dan labirin selaput. Di dalam labirin tulang terdapat serambi (vestibulum), saluran tengah lingkaran (kanal semisirkularis) dan rumah siput (koklea). Di dalam koklea inilah terdapat alat pendengaran, yaitu di dalam alat korti.

Oleh tulang-tulang pendengar getaran disampaikan pada tingkap oval sehingga cairan limfa di dalam koklea dan selaput tingkat bulat ikut digetarkan. Alat korti mengandung fonoreseptor berupa sel-sel pendengar dan berbentuk selaput dasar yang mengandung rambut syaraf pendengar dan selaput atas yang menerima getaran cairan limfa.

Rangsang getaran yang diterima ujung syaraf pendengar diteruskan oleh syaraf koklea ke otak. Di dalam koklea tersebut terdapat 24. 000 alat korti, yang masing-masing mempunyai kepekaan menerima bilangan getar tertentu. Kita hanya dapat mendengar bunyi dari 20 – 20. 000 Hertz dan ada orang tertentu mendengar dari 16 – 20. 000 Hertz.

Indera Penglihatan:

Mata bekerja sebagai sebuah kamera sehingga sinar jatuh pada retina. Urat syaraf penglihat masuk satu berkas ke dalam bola mata. Kemudian membelok dan menyebar ke retina. Di retina, yang terletak pada sumbu lensa mata, terdapat cekungan yang paling banyak mengandung ujung syaraf mata sehingga merupakan tempat yang paling peka untuk menerima rangsang sinar, yang disebut bintik kuning. Sebaliknya di tempat masuk dan di tempat belokan, berkas syaraf tidak memiliki ujung syaraf penglihat, yang disebut bintik buta.

Pada retina ini terdapat ujung-ujung syaraf penerima rangsang sinar (fotoreseptor). Sel-sel fotoreseptor ini ada dua macam, yaitu sel

berbentuk batang (basilus) dan sel berbentuk kerucut (konus). Basilus mampu menerima rangsang tidak berwarna dan di retina kita ada sejumlah kurang lebih 125. 000. 000 rangsang. Konus mampu menerima rangsang sinar yang kuat dan yang berwarna, pada retina terdapat kurang lebih 6, 5 juta buah konus.

Sel basilus mengandung pigmen atau disebut rodopsin, yaitu senyawa antara vitamin A dengan suatu protein. Bila terkena sinar terang, rodopsin itu terurai dan terbentuk kembali menjadi rodopsin pada keadaan gelap. Pembentukan kembali rodopsin ini memerlukan waktu, yang disebut waktu adaptasi rodopsin. Dalam waktu adaptasi ini kita kurang dapat melihat.

Medula oblongata:

Medula oblongata mempunyai fungsi sebagai pusat pengatur alat-alat visceral yang esensial seperti respirasi, sirkulasi jantung, kecepatan denyut jantung, derajat penyempitan pembuluh darah kapiler, sekresi, saliva dan proses menelan. Berbagai impuls yang datang dari sistem pernafasan dikoordinasikan dan dapat menghasilkan respon yang terkoordinasi berupa gerak ritmis. Neuron pada medula juga peka terhadap karbon dioksida pada darah yang sangat penting sebagai pusat pernafasan.

Daerah-daerah luas dari otak merupakan daerah penting untuk memproses beberapa informasi sensoris, seperti penglihatan dan bunyi. Rasa penciuman yang merupakan hal penting bagi hewan berhubungan dengan lobus olfaktori di otak.

Koordinasi gerakan berhubungan dengan serebelum meskipun daerah-daerah lain di otak juga terlibat, termasuk serebrum. Korteks serebrum kurang penting dibanding untuk manusia. Karnivor yang mempunyai pola tingkah laku kompleks mempunyai korteks serebrum lebih besar dibandingkan dengan herbivora. Serebrum

mengandung wilayah besar yang disebut hipokampus yang penting untuk ingatan.

Serebelum terletak di bagian anterior dari medula yang merupakan bagian dari metencephalon. Fungsi utama sebagai pusat keseimbangan dan koordinasi motorik. Secara umum serebelumberfungsi untuk mengoordinasi impuls-impuls dari korteks dengankontraksi otot. Serebelum sangat berkembang pada burung dan mamalia merupakan binatang yang aktif. Pada mamalia terdapat pons yang mempunyai nukleus yang dapat meneruskan impuls dari serebrum ke serebelum.

Otak tengah berasal dari mesencephalon. Bagian terbesar dari otak tengah pada sebagian besar vertebrata adalah lobus optikus yang merupakan pusat penglihatan pada vertebrata tingkat rendah. Pada vertebrata tingkat tinggi, pusat penglihatan berpindah ke talamus dan serebrum*(visual cortek)*. Pada mamalia terdapat korpora quadrigemina(lobus optikus pada vertebrata rendah) yang mempunyai fungsi pada gerakan mata dan refleks pendengaran. Pada dasar otak tengah terdapat sebuah ganglion yang disebut *red nucleus*, berfungsi dalam pengontrolan gerak dan kedudukan terutama untuk mencegah kontraksi yang berlebihan.

Diencephalon:

Diencephalon merupakan bagian belakang otak muka yang mempunyai banyak bagian yang penting. Dinding dari bagian otak ini menebal dan membentuk talamus dan hipotalamus di bawahnya.

Talamus merupakan pusat integrasi sensorik pada vertebrata rendah untuk semua serabut syaraf sensorik dari sumsum tulang belakang dan medula oblongata yang berakhir di bagian dorsal talamus kecuali untuk serabut pembau *(olfactorius trac)*. Talamus menjadi sangat penting dengan berkembangnya pusat asosiasi pada serebrum vertebrata tinggi karena perkembangan korteks, sehingga bagian

tertentu dari talamus menjadi tempat meneruskan impuls ke daerah sensorik pada korteks untuk diintegrasikan dan diasosiasikan.

Hipotalamus mengatur fungsi-fungsi penting pada tubuh seperti suhu tubuh, nafsu makan, lapar dan tingkah laku seksual. Hipotalamus juga mengontrol sekresi hormon hipofisa sehingga mengatur banyak kelenjar endokrin. Hipotalamus merupakan pusat mengontrol fungsi emosi seperti marah, senang, dan gusar.

Telencephalon:

Evolusi dari otak vertebrata terjadi pada telencephalon. Pada mamalia telencephalon berkembang dengan membesarnya bagian serebral *(cerebral hemisphere)*.

Pada ikan bagian ini berfungsi hanya untuk pembau *(olfactorius)*, fungsi pembau masih tetap ada pada bagian otak vertebrata rendah yang disebut aekipallium. Bagian belahan serebral yang paling luar berisi jutaan sel syaraf dan berwarna kelabu disebut korteks. Kortek serebral*(cerebral cortex)* dibagi dalam daerah sensorik, daerah motorik, dan daerah asosiasi. Daerah sensorik menerima impuls dari berbagai reseptor. Daerah ini terbagi berdasarkan reseptor-reseptor tertentu dan tiap bagian dari daerah sensorik menerima impuls dari reseptor tertentu.

Daerah motorik mengirimkan impuls ke otot kerangka melalui serabut syaraf desendens pada sumsum tulang belakang. Daerah motorik mempunyai bagian-bagian yang dapat mengirimkan impuls ke efektor tertentu. Daerah asosiasi mempunyai fungsi untuk mengintegrasikan, mengkoordinasikan, dan menyimpan informasi sebelum memutuskan untuk mengirinkan ke daerah motorik.

Fungsi dari serebral korteks adalah sebagai tempat intelegansia dan aktivitas tingkat tinggi pada otak. Fungsi ini dapat dibuktikan melalui

percobaan pada hewan yang bagian korteksnya dibuang *(dekorteksasi)*

Korda Spinal

Korda spinal adalah kelanjutan arah kaudal dari medula oblongata. Korda spinalis menerima serabut sensoris atau serabut eferen melalui akar dorsal dari syaraf spinal dan menyalurkan serabut motoris atau serabut eferen ke arah akar ventral dari syaraf spinal.

Sistem Syaraf Somatik:

Sistem syaraf somatik adalah syaraf yang berhubungan dengan kontrol otot kerangka. Refleks spinal sederhana mungkin terlibat seperti yang diilustrasikan dari sebuah kaki sebagai sumber rangsangan sakit tetapi banyak gerakan membutuhkan integrasi dan koordinasi oleh pusat-pusat syaraf dalam otak. Input sensorik berasal dari berbagai sumber syaraf dalam otak. Input sensorik berasal dari berbagai sumber seperti mata dan ketegangan reseptor dari tendon.

Sel-sel tubuh dari sel syaraf motorik somatik terletak dalam korda spinalis dan akson-aksonnya melewati otot kerangka tanpa intervensi sinaps. Zat-zat transmitter pada pertemuan neuromuskular adalah asetikolin.

Sistem Syaraf Otonom:

Peranan utama dari sistem syaraf otonom adalah memelihara kestabilan lingkungan bagian dalam tubuh (homeostatis) terhadap perubahan-perubahan eksternal. Sebagai contoh syaraf otonom mengatur suhu tubuh, konsentrasi glukosa dalam darah, tekanan darah melalui kontrol kelenjar dan otot-otot saluran pencernaan, serta syaraf otonom mengatur penyerapan zat-zat makanan.

Sistem syaraf otonom secara otomatis dibedakan menjadi dua, yaitu sistem syaraf simpatis dan sistem syaraf parasimpatis. Sistem syaraf

otonom tersebut tergantung pada tempat asal syaraf tersebut. Syaraf preganglion adalah serabut syaraf menuju ganglion dan postganglion adalah serabut syaraf yang keluar dari ganglion. Pada sistem syaraf simpatis sel tubuh syaraf preganglion ditemukan pada pertengahan bagian torak dan lumbar spinal. Oleh karena itu serabut preganglionnya pendek dan serabut postganglionnya panjang. Aksonnya meninggalkan akar ventral bersama dengan syaraf motor somatik, tetapi seterusnya berpisah masuk ke dalam lintasan simpatik yang berjalan paralel ke sumsum tulang belakang. Berlawanan dari akar ventral terdapat pembengkakan dalam lintasan dikenal sebagai ganglion. Kedua sistem ini merupakan sistem syaraf eferen.

Kebanyakan organ tubuh diinervasi baik oleh syaraf simpatis dan biasanya pengaruh rangsangan simpatis berlawanan dengan yang ditimbulkan akibat impuls parasimpatis. Misalnya terhadap otot traktus digestivus syaraf parasimpatis adalah menghambat peristalsis, sebaliknya impuls simpatis akan menyebabkan terjadinya peristalsis.

Fungsi sistem syaraf simpatis umunya digunakan ternak untuk mempersiapkan diri terhadap kondisi darurat. Aktivitas simpatis menyebabkan peningkatan output jantung dan tekanan darah, peningkatan konsentrasi glukosa dalam darah, dan perubahan-perubahan lain yang mempersiapkan ternak untuk kegiatan yang harus dilakukan segera.

Syaraf parasimpatis berasal dari inti syaraf –syaraf kepala, terutama syaraf vagus dan syaraf –syaraf kedua, ketiga, dan keempat dari syaraf sakrum. Berbeda dengan syaraf simpatis, syaraf parasimpatis membentuk sinaps dalam dinding alat pencernaan daripada dekat korda spinal.

Bila organ diinervasi oleh serabut syaraf simpatis dan parasimpatis, dampak kedua syaraf tersebut berlawanan. Jika syaraf simpatis merangsang suatu organ, syaraf parasimpatis akan menghambatnya.

Tabel 2. aktivitas dari sistem syaraf otonom

Organ efektor	Simpatis	Parasimpatis
Kelenjar saliva	Sekresi mukus	Sekresi serosa
Kelenjar keringat	Sekresi	Tidak ada
Kelenjar alat pencernaan	Menghambat	Meningkatkan sekresi
Otot alat pencernaan	Menghambat motilitas Kontraksi sphincter	Meningkatkan motilitas Relaksasi sphicter
Otot paru-paru	Relaksasi	Kontarksi
Otot air kencing	Kontraksi sphincter	Relaksasi sphincter
Jantung	Meningkatkan denyut jantung	Menurunkan denyut jantung
Pembuluh darah	Vasokontriksi	Vasodilatasi
Kelenjar medula adrenal	Sekresi	
Hati	Glygenolysis	
Jaringan lemak	Liposis	
Otot mata iris	Kontraksi otot radial	Kontraksi otot sirkular
Otot sillier	Relaksasi	Kontraksi
Otot folikel rambut	Kontraksi rambut	Tidak ada

Penis	Ejakulasi	Ereksi
Darah	Meningkat	Tidak ada
Glukosa	Meningkat	Tidak ada
Lemak	Meningkat	Tidak ada

Sumber:Dasar Fisiologi Ternak (Herry Sonjaya) 2012

Tabel diatas memperlihatkan bahwa umumnya pengaruh yang ditimbulkan oleh sistem syaraf simpatis menghasilkan kesiapan tubuh untuk merespon keadaan stress seperti pupil mata bertambah besar, jantung bertambah cepat denyutnya, spingter anus dan kantung seni bertambah besar, rambut berdiri, dan keringat keluar. Sebaliknya sistem syaraf parasimpatis berperan dalam mengatur kegiatan mempunyai hubungan dengan penghematan energi seperti memperlambat denyut jantung, menurunkan tekanan darah, mempercepat gerakan-gerakan usus, serta sekresi kelenjar.

Sistem syaraf otonom sangat penting bagi tubuh dan menyebabkan lingkungan internal menjadi konstan untuk aktifitas dan homeostasis dari organisme. Sistem syaraf otonom termasuk syaraf tepi, yaitu syaraf yang keluar dari sumsum tulang belakang dan dari otak.

Integrasi Kontrol Syaraf dan Endokrin:Sistem Hipotalamus-Hipofisa pada Vertebrata

Secara fungsional, sistem syaraf pusat pada hewan vertebrata juga ternak memengaruhi berbagai kelenjar endokrin yang selanjutnya kelenjar endokrin dapat mengontrol kembali sistem syaraf. Sistem hipotalamus dan hipofisa merupakan suatu contoh struktur yang menciptakan hubungan erat antara sistem syaraf dan sistem endokrin baik secara fotografi maupun fungsional. Secara umum pengertian

sistem adalah untuk menyatakan kedua organ dibentuk dari berbagai unsur yang berinteraksi secara dinamis, terorganisir untuk tujuan bersama.

Hipofisa dialiri oleh arteriol aferen, seperti pada berbagai jaringan organisme, tetapi hipofisa juga menerima jaringan pembuluh vena yang berasal dari hipotalamus. Suatu keadaan yang dinamakan "jaringan pintu vasculer" suatu situasi yang dianalogikan dengan jaringan pembuluh vena yang mengaliri saluran pencernaan sebelum masuk ke jaringan hati. Vaskularisasi pintu hipofisa menyebabkan berbagai zat/substansi kimia yang berasal dari hipotalamus menyebar ke sekeliling sel-sel adenohipofisa.

Hipotalamus merupakan struktur neuroendokrin, dimana sel-sel syaraf hipotalamus menghasilkan neurohormon*(releasing hormon)* atau releasing factor yang berperan untuk mengatur sekresi hormon kelenjar hipofisa. Pertama, neurohormon yang dihasilkan oleh sel-sel syaraf khusus pada hipotalamus (nukleus) tidak langsung melepaskan hormon ke dalam darah, tetapi diangkut melalui akson. Kedua, sel-sel neurosekresi yang menghasilkan hormon vasopresin dan oksitoksin.

Melalui aksonnya kedua hormon disalurkan dan disimpan pada hipofisa belakang (posterior). Sementara untuk hormon pelepas *(releasing hormon)*, sel-sel neurosekresi mengangkutnya terlebih dahulu melalui akson ke sistem pembuluh porta hipotalamus-hipofisa.

Sebagai ilustrasi yang menggambarkan hubungan erat antara hipotalamus dan hipofisa adalah pengaturan neuroendokrin terhadap kontrol keluarnya air susu.

Secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Penghisapan puting susu merangsang ujung syaraf lokal dan impuls syaraf dikirim ke sistem syaraf pusat

- Setelah melewati berbagai artikulasi sinaps, aksi potensial terjadi pada berbagai daerah tertentu pada hipotalamusnya.

- Aksi potensial ini akan merangsang syaraf-syaraf yang mengekskresikan hormon oksitosin yang dijabarkan oleh pelepasan oksitosin oleh sel syaraf terminal ke hipofisa posterior.

- Aksi potensial lain akan merangsang syaraf - syaraf hipotalamus, dimana ujung sel-sel syaraf berakhir di dekat jaringan pembuluh hipofisa dan melepaskan neurohormon menuju hipofisa anterior.

- Oksitosin melewati sirkulasi umum dan mencapai sel-sel mioepitelium yang berkontraksi, menyebabkan keluarnya air susu yang mengisi saluran galakkofor.

- Dalam waktu yang bersamaan, sel-sel hipofisa anterior dirangsang dan melepaskan prolaktin ke sirkulasi umum. Prolaktin akan merangsang fungsi kelenjar susu.

Contoh terakhir ini merupakan satu respon terpadu organisme yang memperlihatkan ketepatan dan kerjasama dari banyak mekanisme yang dapat diambil untuk melakukan sustu refleks harmonis.

Rangsangan awal merupakan kode tekanan yang berhubungan dengan penghisapan putingyang mengerakkan ion-ion membran. Hal ini akan mempengaruhi polaritas membran pada daerah tetangga dan menginduksi suatu sinyal syaraf yang menyebar sampai ke interneuron sumsum tulang belakang.

Sinyal awal (tekanan) tidak hanya dikenal pada tingkat transfer informasi, tetapi juga gangguan aliran Na^+ dan K^+ antara kedua sisi permukaan membran. Pelepasan neuro transmitter yang kontak pertama dengan syaraf menyebabkan perubahan pesan, transmiter akan mengerti jika sel- syaraf post-sinaps mempunyai reseptor spesifik. Pemindahan informasi oleh neuro transmiter antara tempat

terjadi beberapa kali sebelum sampai di hipotalamus. Ketepatan artikulasi sinaptik mencegah bahwa pesan tidak menjadi salah atau menyimpang pada waktu transit. Proses fisiologi pada berbagai sel secara detail bisa berupa:

1. Penyesuaian metabolisme energi sel yang berkaitan dengan penyampaian pesan di mana ada pelepasan hormon.

2. Keragaman konsentrasi Ca^{+}

3. Interaksi protein bergerak yang dapat menekan keluar granula-granula sekresi atau kontraksi sel-sel mioepitel.

Semua ini menggambarkan keterpaduan yang baik dan harmonis fungsi-fungsi organ pada suatu organisme.

Organ Sensor:

Informasi tentang lingkungan internal dan eksternal ditangkap oleh sistem syaraf pusat dari berbagai organ sensor. Organ sensor ini mengandung berbagai sel reseptor yang menerjemahkan berbagai bentuk energi pada lingkungan menjadi aksi potensial dalam syaraf sensor. Bentuk-bentuk energi yang diambil oleh reseptor-reseptor, termasuk energi mekanik (tekanan dan rabaan), thermal (panas dan dingin), elektromagnetik (cahaya) dan kimia (bau, rasa, kandungan karbon dioksida dalam darah). Reseptor-reseptor suatu organ spesifik diadaptasikan untuk merespon salah satu bentuk energi pada tingkat nilai ambang yang lebih rendah dibandingkan dengan reseptor organ indera lainnya.

Ternak menerima banyak informasi yang dideteksi oleh organ khusus, seperti telingadan mata. Namun demikian , tidak semua informasi bekerja pada tingkat sadar(pingsan). Pada musim gugur, domba bereaksi terhadap memendeknya periode cahaya terang dengan memulai proses birahi. Peristiwa komplek hormonal yang terlibat

dimulai pada level otak lebih rendah dibandingkan dengan otak yang berhubungan dengan pingsan. Hal yang sama, reseptor yang mendeteksi level karbon dioksida dalam darah hanya melaporkan ke pusat otak yang berhubungan dengan kontrol respirasi dan tekanan darah.

Reseptor:

Berdasarkan kemampuannya merubah pacuan menjadi impuls, reseptor dibedakan atas mekanoreseptor, kemoreseptor, termoreseptor, dan radio elektromagnetik reseptor.

a) Mekanoreseptor. Berdasarkan fungsinya kita mengenal reseptor sebagai berikut.

   - Reseptor rabaan dan tekanan, terdapat pada bibir atas, alat genital luar, mesenterium sub mukosa lidah dan mulut.
   - Reseptor kinestetik, terdapat pada artikulasi kapsul, dimana fungsinya mendeteksi posisi dari beberapa bagian tubuh.
   - Reseptor gelombang suara, terdapat di dalam koklea.
   - Reseptor perubahan keseimbangan, terdapat pada macula canalis semicircularis.
   - Proprioreseptor yang terdapat di jantung dan paru-paru.

a) Termoreseptor dibagi dalam reseptor panas dan dingin.
b) Kemoreseptor termasuk ke dalam golongan ini adalah:

   - Gemma gustatoria yang terdapat di daerah mulut, menerima rangsangan kimia asal makanan.
   - Sel olfaktori di daerah hidung, menerima rangsangan dalam bentuk gas dan

- Kemoreseptor yang terdapat pada arteri karotis dan arteri karotikus, menerima rangsangan kimia berupa perhubungan konsentrasi oksigen darah.

c) Elektromagnetik reseptor antara lain reseptor yang terdapat di dalam mata yang menerima rangsangan berupa cahaya atau sinar.

Berdasarkan lokasi reseptor, secara fisiologi reseptor dibagi menjadi 2 kelompok:

a) Eksteroreseptor, yakni reseptor yang menerima rangsang dari luar atau sekitar tubuh. Reseptor yang termasuk adalah reseptor yang terdapat di kulit, telinga dalam, dan di dalam mata.

b) Interoreseptor, yakni yang menerima rangsang dari dalam tubuh sendiri. Reseptor yang termasuk adalah proprioseptor yang terdapat pada otot , tendon, artikulasi dan alat vestibularis, visceroreseptor.

e. Sistem Syaraf Pada Hewan

1. Sistem syaraf pada sapi

Sistem koordinasi, merupakan sistem syaraf (pengaturan tubuh) berupa penghantaran impuls syaraf ke susunan syaraf pusat, Proses impuls syaraf dan perintah untuk memberi tanggapan rangsangan atau sistem yang mengatur kerja semua sistem organ agar dapat bekerja secara serasi. Sistem koordinasi pada sapi meliputi sistem syaraf beserta indera dan sistem endokrin(hormon). Sistem syaraf tersusun oleh berjuta-juta sel syaraf yang mempunyai bentuk bervariasi. Sistem ini meliputi

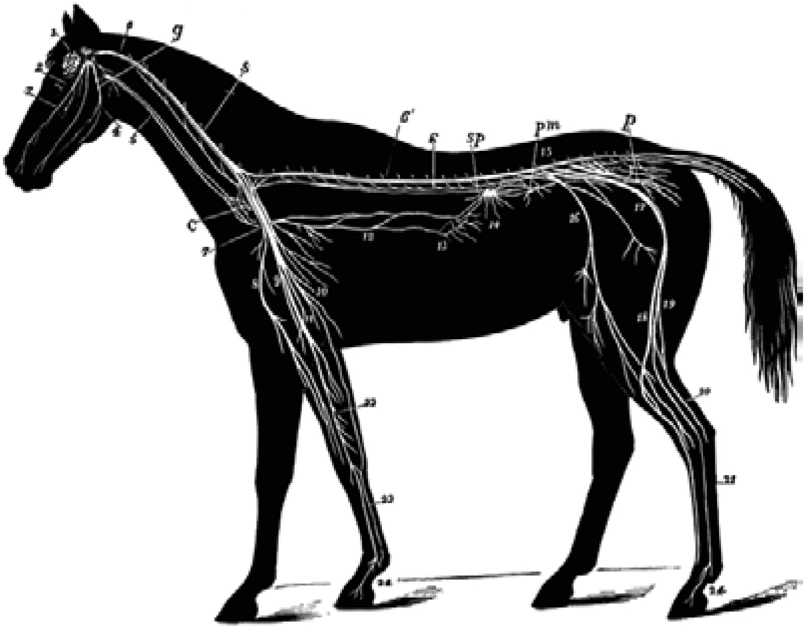
sistem syaraf pusat dan sistem syaraf tepi. Dalam kegiatannya, syaraf mempunyai hubungan kerja seperti mata rantai (berurutan) antara reseptor dan efektor. Reseptor adalah satu atau sekelompok sel syaraf dan sel lainnya yang berfungsi mengenali rangsangan tertentu yang berasal dari luar atau dari dalam tubuh. Efektor adalah sel atau organ yang menghasilkan tanggapan terhadap rangsangan.

System syaraf pada sapi sama dengan mamalia lain meliputi

1) Badan sel : meneruskan rangsang dari dendrit ke neurit
2) Dendrit : adalah penjuluran sitoplasma yang pendek, berfungsi membawa rangsangan menuju badan sel syaraf.
3) Neurit (akson) : adalah penjuluran sitoplasma yang panjang, berfungsi menghantar rangsangan dari badan sel syaraf ke neuron lainnya.
4) Sel Schwann : sel-sel penyusun selubung mielin, membentuk jaringan yang membantu menyediakan makanan bagi neurit, dan regenerasi neurit
5) Neurofibril : benang halus di dalam neurit
6) Selubung mielin : adalah selubung bagian dalam yang langsung melapisi, berfungsi untuk melindungi dan memberi nutrisi pada akson.
7) Nodus Ranvier : adalah bagian/titik pada akson yang tidak terbungkus, berfungsi mempercepat penyampaian rangsangan
8) Ujung akson : terdapat sinapsis yaitu hubungan antara ujung akson sebuah neuron dengan ujung dari neuron lain.
9) Neurolema : lapisan selubung mielin yang paling luar.

2. Sistem Syaraf Kuda

Susunan syaraf kuda sebagaimana mamalia yang lain juga hampir mirip. Berikut gambaran syaraf pada tubuh kuda:



deskripsi

Sistem syaraf kuda. Label:

1. Otak

2. syaraf optik

3. Unggul syaraf rahang atas(5),

4. inferior rahang atas syaraf (5th);

5. Pneumogastricsyaraf

6. medulla oblongata

6. sumsum tulang belakang

7. tepat pleksus brakialis

8.Syaraf otot-kutan

9.syaraf median

10. Syaraf radial

11.Syaraf cubiti

12.Syaraf pneumogastric

13.solar plexus

14.semilunar ganglion

15. M. lumbo-sacral plexus

16.Anteriorsyarafcrural

17.Syarafsiatikbesar

18.Syarafeksternalpopiteal

19.Syarafsaphenicekst ernal

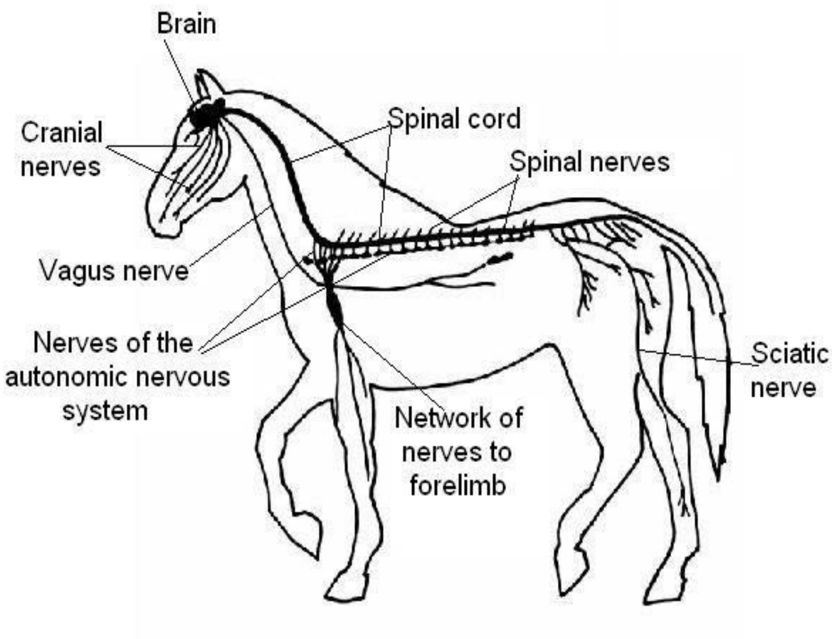
20.syaraf tibialis

21.Syarafmetatarsal

22. Bagianradialsyarafmedian

23. Syarafmetakarpal

24.Cabangdigitals.rantai simpatisc. inferior pleksusserviksg.Ganglionguttteral, Sp.Syaraf splangnikus besar pm. Posteriorpleksusmesenterikap. Panggulpleksus



Gambar 46. Susunan syaraf kuda(Sumber:Cambell et al. 1999)

3. Sistem syaraf pada kucing

Sistem syaraf pada kucing, secara general memiliki tingkat perkembangan yang lebih tinggi dari kelas lain. Cerebrum berukuran lebih besar jika dibandingkan keseluruhan bagian otak.

Cerebellum juga berukuran lebih besar dan berlobus, bagian lateral mempunyai 2 buah lobus. Terdapat 4 buah lobus optikus, setiap bagian lateralnya dibagi oleh alur transversal menjadi lobus anterior dan posterior.

Otak terdiri dari beberapa bagian yang hampir sama dengan vertebrata yang lain, seperti prosenchepalon, lobus opticus, cerebellum, dan medulla oblongata.

4. Organ Syaraf pada Ayam

Susunan syaraf pada burung serupa dengan susunan syaraf pada manusia dan hewan menyusui. Seluruh kegiatan syaraf di atur oleh susunan syaraf pusat.
Susunan syaraf pusat terdiri dari otak dan sumsum belakang. Otak burung juga terdiri atas empat bagian, otak besar, otak tengah, otak kecil dan sumsum lanjutan. Selain otak kecil maka otak besar pada burung juga bisa tumbuh dengan baik.

Sistem syaraf berfungsi mengatur semua organ tubuh. Otak merupakan tempat konsentrasi terbesar sel-sel syaraf dan berfungsi sebagai pusat pengatur semua syaraf. Sistem syaraf yang berfungsi baik pada ayam yaitu penglihatan, pendengaran, dan syaraf perasa. Sementara itu, sistem syaraf penciuman kurang berfungsi. Secara anatomi, sistem syaraf dibagi menjadi dua yaitu:

- Sistem syaraf somatis (*somatic nerveus system*) adalah sistem syaraf dalam tubuh ayam yang dapat menerima rangsangan dari lingkungan luar. Contohnya ketika ayam dipegang.
- Sistem syaraf otomatis (*automatic nervous system*) terdiri dari sistem syaraf simpatis (*symphathetic autonomic nerveus system*) dan sistem syaraf parasimpatis (*parasympathetic automatic nerveus sistem*). Sistem ini secara umum bergabung dengan kebiasaan yang sering dilakukan ayam misalnya ketika berkelahi dan terbang.

Sistem syaraf berperan dalam mengintegrasikan semua fungsi-fungsi organ tubuh. Rangsangan melalui indra diintegrasikan dan responnya berasal dari sistem syaraf. Sel-sel syaraf terpusat di dalam otak, korda spinalis, dan tempat-tempat tertentu di dalam tubuh yang disebut ganglia. Sistem syaraf dibagi menjadi dua bagian, yaitu somatik dan otonomik. Bagian somatik dari sistem syaraf pusat bertanggung jawab bagi gerakan-gerakan volunter tubuh yaitu gerakan tubuh pada kondisi sadar. Sementara otonomik bertanggung jawab atas gerakan-gerakan involunter yaitu gerak dibawah sadar dari organ-organ seperti usus, pembuluh darah, dan kelenjar-kelenjar. Unggas memiliki serebral korteks yang berkembang lebih baik dibandingkan dengan hewan-hewan dengan intelegensia tinggi. (Edjeng Suprijatna, 2005).

Gerakan volunter terjadi ketika unggas memiliki pilihan yang akan dilakukan dalam menanggapi rangsang yang diperoleh. Jadi, dia bisa memilih tindakan yang seharusnya dilakukan untuk merespon rangsang tersebut. Gerakan involunter terjadi ketika unggas tidak memiliki pilihan tindakan terhadap suatu rangsang. Contohnya pada gerakan detak jantung, pencernaan dan repirasi. Tentu unggas tidak mampu menentukan pilihan atas gerak detak

jantung atau mengatur bagaimana sistem pencernaannya berjalan.

Sistem syaraf pada unggas merupakan satu kesatuan yang dapat mengontrol semua fungsi pada tubuh. Rangsangan syaraf akan disampaikan melalui sistem syaraf yang terdiri dari sel-sel syaraf ke beberapa pusat syaraf, yang terdapat pada otak, sumsum tulang dan ganglia (terdapat pada tubuh). (Nesheim *et al.* , 1979).
Unggas mempunyai korteks serebral atau neokorteks kecil (pada hewan yang berintelegensia tinggi berkembang baik). Hipothalamus berfungsi mengatur kebutuhan pakan dan air, sekresi pituatari anterior, agresivitas dan tingkah laku sosial (Akoso, 1993).
Pendengaran dan penglihatan unggas berkembang dengan baik, namun kemampuan penciumannya rendah. Dengan perkembangan tersebut, unggas dapat mengenal warna, dapat mengetahui tipe pakan yang disukainya karena cita rasa yang sensitif pada penciumannya. Selain itu, unggas memiliki kemampuan untuk belajar. Misalnya, unggas muda dapat belajar mengetahui jumlah teman dalam satu kandang. Kemampuan ini akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur.

5. Organ Syaraf pada Ikan

Ikan merupakan hewan Vertebrata (hewan bertulang belakang) memiliki beberapa organ dalam antara lain : otak, insang, mulut, esofagus, jantung, hati, lambung renang, lambung, usus dan anus. Sehingga struktur anatomi mulut erat kaitannya dengan cara mendapatkan makanan. Otak merupakan salah satu organ yang sangat penting fungsinya bagi ikan. Organ otak ini dibentuk pada saat ikan masih embrio sedangkan organ-organ lainnya dibentuk kemudian. Bersamaan dengan pembentukan organ-organ lainnya,

otak berkembang menjadi lebih sempurna terlebih dahulu. Dengan otak ikan dapat menerima rangsangan dari lingkungan melalui organ perasa (sense organ) yaitu otak dan sumsum tulang belakang yang melalui impuls ke otak atau kelenjar. Syaraf adalah organ yang paling dulu dibentuk dari lapisan terluar (exoderm) yang berfungsi sebagai penghubung. Sistem syaraf pada ikan mempunyai tiga macam peranan vital, yaitu: orientasi terhadap lingkungan luar, menerima stimulus dari luar dan meresponnya, mengatur agar kerja sekalian sistem dalam tubuh bersesuaian, dengan bantuan kerja kelenjar endokrin dan tempat ingatan dan kecerdasan (khusus vertebrata tingkat tinggi). Peranan ini semua disempurnakan oleh syaraf, medulla spinalis, dan otak, dibantu oleh organ indra sebagai reseptor, dan otot serta kelenjar sebagai efektor. Unit terkecil system syaraf adalah sel syaraf atau neuron. Neuron merupakan sel fungsional pada sistem syaraf, yang bekerja dengan cara menghasilkan potensial aksi dan menjalarkan impuls dari satu sel ke sel berikutnya. Pembentukan potensial aksi merupakan cara yang dilakukan sel syaraf dalam memindahkan informasi. Ikan merupakan vertebrata yang paling rendah derajatnya dibandingkan vertebrata yang lain. Ikan merupakan hewan yang memerlukan kemampuan bergerak yang memadai untuk menghindar dari musuh dan menangkap mangsa. Selain itu ikan dituntut memiliki keseimbangan yang bagus oleh karena itu ikan memiliki perkembangan otak kecil yang lebih baik sebab otak kecil atau serebellum merupakan bagian pengontrol keseimbangan dan pusat pergerakan.

Sistem Koordinasi merupakan sistem syaraf (pengaturan tubuh) berupa penghantaran impuls syaraf ke susunan syaraf pusat, proses penghantaran impuls syaraf dan perintah untuk memberi tanggapan rangsangan atau sistem yang mengatur kerja semua sistem organ agar dapat bekerja secara serasi. Sistem koordinasi pada hewan meliputi sistem syaraf beserta indera dan sistem

endokrin (hormon). Sistem syaraf merupakan sistem yang khas bagi hewan, karena sistem syaraf ini tidak dimiliki oleh tumbuhan. Dalam kegiatannya, syaraf mempunyai hubungan kerja seperti mata rantai (berurutan) antara reseptor dan efektor. Reseptor adalah satu atau sekelompok sel syaraf dan sel lainnya yang berfungsi mengenali rangsangan tertentu yang berasal dari luar atau dari dalam tubuh. Efektor adalah sel atau organ yang menghasilkan tanggapan terhadap rangsangan. Contohnya otot dan kelenjar. Sistem syaraf terdiri dari jutaan sel syaraf (neuron). Fungsi sel syaraf adalah mengirimkan pesan (impuls) yang berupa rangsang atau tanggapan (Anonim, 2009). Sistem syaraf pusat merupakan sistem yang mengatur kegiatan seluruh tubuh, Sistem syaraf dibagi menjadi system syaraf pusat dan system syaraf periferi. Sistem syaraf pusat terdiri otak dan medula spinalis. Sistem syaraf periferi terdiri dari syaraf kranial dan spinal beserta cabang cabangnya. Sistem syaraf otonom merupakan bagian dari sistem periferi, mempengaruhi otot polos dan kelenjar. Unit terkecil sistem syaraf adalah sel syaraf atau neuron. Neuron merupakan sel fungsional pada sistem syaraf, yang bekerja dengan cara menghasilkan potensial aksi dan menjalarkan impuls dari satu sel ke sel berikutnya. Pembentukan potensial aksi merupakan cara yang dilakukan sel syaraf dalam memindahkan informasi. Pembentukan potensial aksi juga merupakan cara yang dilakukan oleh sistem syaraf dalam melaksanakan fungsi kendali dan koordinasi tubuh. Sistem syaraf pusat yang meliputi otak (ensefalon) dan sumsum tulang belakang (Medula spinalis). Keduanya merupakan organ yang sangat lunak, dengan fungsi yang sangat penting maka perlu perlindungan. Selain tengkorak dan ruas-ruas tulang belakang, sistem syaraf (otak) juga dilindungi 3 lapisan selaput meninges. Bila membran ini terkena infeksi maka akan terjadi radang yang disebut meningitis. Ketiga

lapisan membran meninges dari luar ke dalam adalah sebagai berikut:

- Durameter merupakan selaput yang kuat dan bersatu dengan tengkorak.
- Araknoid disebut demikian karena bentuknya seperti sarang labah-labah. Di dalamnya terdapat cairan serebrospinalis, semacam cairan limfa yang mengisi sela sela membran araknoid. Fungsi selaput araknoid adalah sebagai bantalan untuk melindungi otak dari bahaya kerusakan mekanik.
- Piameter. Lapisan ini penuh dengan pembuluh darah dan sangat dekat dengan permukaan otak dan berfungsi untuk memberi oksigen dan nutrisi serta mengangkut bahan sisa metabolisme.

Otak dan sumsum tulang belakang mempunyai 3 materi esensial yaitu:

1. Badan sel yang membentuk bagian materi kelabu (substansi grissea)
2. Serabut syaraf yang membentuk bagian materi putih (substansi alba)
3. Sel-sel neuroglia, yaitu jaringan ikat yang terletak di antara sel-sel syaraf di dalam sistem syaraf pusat. Walaupun otak dan sumsum tulang belakang mempunyai materi sama tetapi susunannya berbeda. Pada otak, materi kelabu terletak di bagian luar atau kulitnya (korteks) dan bagian putih terletak di tengah. Pada sumsum tulang belakang bagian tengah berupa materi kelabu berbentuk kupu-kupu, sedangkan bagian korteks berupa materi putih.

f. Otak

Otak merupakan salah satu organ yang sangat penting fungsinya bagi ikan. Organ otak ini dibentuk pada saat ikan masih embrio sedangkan organ-organ lainnya dibentuk kemudian. Bersamaan dengan pembentukan organ-organ lainnya, otak berkembang menjadi lebih sempurna terlebih dahulu. Dengan otak ikan dapat menerima rangsangan dari lingkungan melalui organ perasa (sense organ) yaitu otak dan sumsum tulangbelakang yang melalui impuls ke otak atau kelenjar. Syaraf adalah organ yang pertama terbentuk dari lapisan terluar (exoderm) yang berfungsi sebagai penghubung. Sistem syaraf pada ikan mempunyai tiga macam peranan vital, yaitu: orientasi terhadap lingkungan luar, menerima stimulus dari luar dan meresponnya, mengatur agar kerja sistem dalam tubuhagar sesuai, dengan bantuan kerja kelenjar endokrin dan tempat ingatan dan kecerdasan(khusus vertebrata tingkat tinggi). Peranan ini semua disempurnakan oleh syaraf, medullaspinalis, dan otak, dibantu oleh organ indra sebagai reseptor, dan otot serta kelenjar sebagai efektor. Unit terkecil sistem syaraf adalah sel syaraf atau neuron. Neuron merupakan selfungsional pada sistem syaraf, yang bekerja dengan cara menghasilkan potensial aksi dan menjalarkan impuls dari satu sel ke sel berikutnya. Pembentukan potensial aksi merupakan cara yang dilakukan sel syaraf dalam memindahkan informasi. Sistem Koordinasi merupakan sistem syaraf (pengaturan tubuh)berupa penghantaran impuls syaraf ke susunan syaraf pusat, proses penghantaran impuls syaraf dan perintah untuk memberi tanggapan rangsangan atau sistem yang mengatur kerja semua sistem organ agar dapat bekerja secara serasi. Sistem koordinasi pada hewan meliputi sistem syaraf beserta

indera dan sistem endokrin (hormon). Sistem syaraf merupakan sistem yang khas bagi hewan, karena sistem syaraf ini tidak dimiliki oleh tumbuhan. Dalam kegiatannya, syaraf mempunyai hubungan kerja seperti mata rantai (berurutan) antara reseptor dan efektor.

Reseptor adalah satu atau sekelompok sel syaraf dan sel lainnya yang berfungsi mengenalirangsangan tertentu yang berasal dari luar atau dari dalam tubuh. Efektor adalah sel atau organyang menghasilkan tanggapan terhadap rangsangan. Contohnya otot dan kelenjar. Sistem syaraf terdiri dari jutaan sel syaraf (neuron). Fungsi sel syaraf adalah mengirimkan pesan (impuls) yang berupa rangsang atau tanggapan (Anonim, 2009). Sistem syaraf pusat merupakan sistem yang mengatur kegiatan seluruh tubuh, Sistem syaraf dibagi menjadi system syaraf pusat dan system syaraf periferi. Sistem syaraf pusat terdiri otak dan medula spinalis. Sistem syaraf periferi terdiridari syaraf cranial dan spinal beserta cabang cabangnya. Sistem syaraf otonom merupakan bagian dari sistem periferi, mempengaruhi otot polos dan kelenjar.

Otak terdapat pada susunan syaraf pusat. Otak pada ikan dapat dibagi menjadi lima bagian yaitu telencephalon, diencephalon, otak tengah mesencephalon, metencephalon dan myelencephalon.

1) Telencephalon: Otak bagian depan yang dibentuk oleh serebral hemisfer dan rhinecephalon sebagai pusat hal-hal yang berhubungan dengan pembauan. Syaraf utama yang keluar dari daerah ini adalah syaraf olfactory (syaraf cranial I). Pada ikan yang mengutamakan pembauan untuk mencari mangsanya, otak bagian depan menjadi lebih berkembang. Contoh pada ikan tilapia tertentu yang biasa memberikan perhatian dan perlindungan terhadap anaknya, setelah telencephalonnya

dirusak menjadi bersifat tidak acuh terhadap anak- anaknya. Ikan Betta splendens akan kehilangan tingkah laku seksnya akibat pengrusakan telencephalon.

2) Diencephalon :Terletak pada bagian belakang telencephalon. Bagian ventral dari dienchephalon adalah hypothalamus, bagian dorsalnya epithalamus dan bagian lateralnya dinamakan thalamus. Epithalamus adalah bagian yang nampak pada dorsal dari otak. Struktur yang paling nyata ialah dua tonjolan dorsal yang tunggal, yaitu epifise (organ pineal) di sebelah belakang dan parafise (organ parapineal) disebelah depannya. Keduanya tumbuh sebagai evaginasi dari diencephalons embrio. Pada Cyclostomata, dinding otak yang terdapat di atas badan pineal menjadi transparan dan kulit kepala yang ada di atasnya tidak mempunyai pigmen. Dengan demikian cahaya yang sampai di kepala ikan ini akan mengenai badan pineal. Beberapa ikan hiu (Squaliformes) ada yang tidak berpigmen pada daerah kepala tersebut, tetapi badan pinealnya kurang berkembang bila diibandingkan dengan Cyclostomata. Ikan-ikan yang mempunyai kulit kepala transparan umumnya hidup di daerah yang agak dalam dan termasuk yang suka bergerak vertikal. Ikan yang bersifat fototaksis positif, di kepalanya terdapat daerah yang tidak berpigmen dan atap cranial yang transparan di atas diencephalon. Dan sebaliknya ikan yang bersifat fototaksis negatif pada kepalanya terdapat jaringan yang menghalangi cahaya.

3) Mesencephalon :Otak bagian tengah pada semua vertebrata memiliki atap berupa sepasang lobus opticus yang bertindak sebagai pusat refleks penglihatan, menerima serabut aferen dari retina. Mesencephalon pada ikan relatif besar dan berfungsi sebagai pusat penglihatan. Lobus opticus terdiri dari tectum opticum di bagian atas tegmentum di bagian bawah. Tectum

opticum merupakan organ koordinator yang melayani rangsang penglihatan. Bayangan yang terjadi pada retina mata akan dipetakan pada tectum opticum. Sedang tegmentum merupakan pusat sel-sel motoris. Pada mesencephalon terdapat bagian menonjol yang disebut Cerebellum, memiliki fungsi utama yaitu mengatur kesetimbangan tubuh dalam air, mengatur tegangan otot dan daya orientasi terhadap ruang. Pada ikan bertulang sejati cerebellum terbagi atas dua bagian besar, yaitu valvula cerebelli dan corpus cerebelli yang besarnya tergantung spesiesnya. Beberapa jenis ikan yang memiliki cerebellum relatif besar, utamanya ikan yang menghasilkan listrik (mormyridae) dan ikan perenang cepat (mackerel dan tuna).

4) Myelencephalon: Bagian otak paling belakang (posterior), dengan medula oblongata sebagai komponen utamanya. Komponen ini merupakan pusat untuk menyalurkan rangsangan keluar melalui syaraf cranial. Syaraf cranial III-X keluar dari medulla oblongata. Di medulla pada ikan clupea pallasi, mugil cephalus dan Trachiurus, medulla oblongata membesar, dibagian ini terdapat organ yang dinamakan cristae cerebelli yang diduga syaraf ini adah hubungannya dengan kecendrungan ikan untuk berkelompok.

Syaraf cranial:

Sebagian besar syaraf cranial (SC) berhubungan dengan bagian-bagian kepala, selain dari itu ditemukan juga yang berhungan dengan bagian-bagian tubuh lainnya. Dari otak sendiri terdapat sebelas syaraf cranial yang menyebar ke organ-organ sensori tertentu dan otot-otot tertentu. Syaraf terminal (SC 0) adalah suatu syaraf kecil yang bergabung dengan syaraf cranial I, yang berhubungan dengan otak depan, dan serabut-serabut syaraf terbesar yang mengelilingi

”olfactory bulb”. Syaraf olfactory (SC I) menghubungkan organ olfactory dengan pusat olfactory otak depan, fungsinya membawa impuls bau-bauan. Syaraf optic (SC II) menghubungkan retina mata dengan tectum opticum dan berfungsi membawa impuls penglhata. Syaraf oculometer (SC III) berfungsi sebagai syaraf motor somatik yang mengatr otot mata superior rectus, inferior oblique, inferior rectus dan internal rectus. Syaraf ini berhubungan dengan otak mesenchepalon dan merupakan syaraf motor somatik. Syaraf trochlear (SC IV) menginervasi otot mata superior oblique. Syaraf motor somatik ini berhubungan dengan mesencephalon.

Mekanisme kerja syaraf:

Impuls dapat dikatakan sebagai ”aliran listrik” yang merambat pada serabut syaraf. Jika sebuah serabut syaraf tidak menghantarkan impuls, dikatakan bahwa serabut syaraf tersebut dalam keadaan istirahat. Impuls dapat dihantarkan melalui sel syaraf dan sinapsis. Impuls melalui sel syaraf impuls dapat mengalir melalui serabut syaraf karena adanya perbedaan potensial listrik antara bagian luar dan bagian dalam serabut syaraf. Pada saat sel syaraf istirahat, sebelah dalam serabut syaraf bermuatan negatif, kira-kira –60 mV, sedangkan di sebelah luar serabut syaraf bermuatan positif. Keadaan muatan listrik tersebut diberi nama potensial istirahat, sedangkan membran serabut syaraf dalam keadaan polarisasi. Jika sebuah impuls merambat melalui sebuah akson, dalam waktu singkat muatan di sebelah dalam menjadi positif, kira-kira +60 mV, dan muatan di sebelah luar menjadi negatif. Perubahan tiba-tiba pada potensial istirahat bersamaan dengan impuls disebut potensial kerja. Pada saat ini terjadi depolarisasi pada selaput membran akson. Proses depolarisasi merambat sepanjang serabut syaraf bersamaan dengan merambatnya impuls. Akibatnya, muatan negatif di sebelah luar membran merambat sepanjang serabut syaraf. Apabila impuls telah lewat, maka sementara waktu serabut syaraf tidak dapat dilalui oleh

impuls karena terjadi perubahan dari potensial kerja menjadi potensial istirahat. Agar dapat berfungsi kembali, diperlukan waktu kira-kira 1/500 sampai 1/1. 000 detik untuk pemulihan. Kecepatan merambatnya impuls pada mamalia tertentu dapat lebih dari 100 meter per detik sedangkan pada beberapa hewan tingkat rendah kira-kira hanya 0,5 meter per detik. Ada dua faktor yang mempengaruhi kecepatan rambatan impuls syaraf, uaitu selaput mielin dan diameter serabut syaraf. Pada serabut syaraf yang bermielin, depolarisasi hanya terjadi pada nodus Ranvier sehingga terjadi lompatan potensial kerja, akibatnya impus syaraf lebih cepat merambat. Semakin besar diameter serabut syaraf semakin cepat rambatan impuls syarafnya. b. Impuls melalui sinapsis, sinapsis merupakan titik temu antara ujung neurit dari suatu neruron dengan ujung dendreit dari neuron lainnya. Setiap ujung neurit membengkak membentuk bonggol yang disebut bonggol sinapsis. Pada bonggol sinapsis tersebut terdapat mitokondria dan gelembung-gelembung sinapsis. Gelembung-gelembung sinapsis tersebut berisi zat kimia neurotransmitter yang berperan penting dalam merambatkan impuls syaraf ke sel syaraf lain. Ada berbagai macam neurotransmitter, antara lain asetilkolin yang terdapat pada sinapsis di seluruh tubuh, noradrenalin yang terdapat di sistem syaraf simpatetik, dan dopamin serta serotonin yang terdapat di otak. Antara ujung bonggol sinapsis dengan membran sel syaraf berikutnya terdapat celah sinapsis yang dibatasi oleh membran prasinapsis dan membran postsinapsis dari sel syaraf berikutnya atau membran efektor. Apabila impuls syaraf sampai pada bonggol sinapsis, maka gelembung-gelembung sinapsis akan mendekati membran prasinapsis, kemudian melepaskan isinya, yaitu neurotransmitter, ke celah sinapsis. Impuls syaraf dibawa ileh neurotransmitter ini. Neurotransmitter menyeberang celah sinapsis menuju membran postsinapsis. Zat kimia neurotransmitter mengakibatkan terjadinya depolarisasi pada membran postsinapsis dan terjadilah potensial kerja. Ini berarti impuls telah diberikan ke

sarabut syaraf berikutnya. Dengan demikian impuls syaraf menyeberangi celah sinapsis dengan cara perindahan zat-zat kimia, untuk kemudian dilanjutkan pada sel syaraf berikutnya untuk kemudian dilanjutkan pada sal syaraf berikutnya dengan cara rambatan potensial kerja. Apabila neurotransmitter sudah melaksanakan tugas, neurotransmitter akan diuraikan oleh enzim yang dihasilkan oleh membran postsinapsis, Misalnya, apabila neurotransmitter berupa asetikolin maka enzim yang menguraikannya adalah enzim asetilkolinesterase.

Kelas pisces merupakan kelompok hewan yang semua anggotanya hidup di perairan. Jenis ikan secara garis bertulang rawan (chondrichthyes) serta memiliki tipe sisik planoid dan ganoid. Contoh jenis ini adalah ikan hiu dan ikan pari. Jenis kedua adalah ikan bertulang sejati (osteichthyes) yang memiliki tipe sisik sikloid dan stenoid. Contohnya adalah ikan salmon dan ikan belut laut.

g. Sistem Syaraf dan Hormon

Kedua sistem ini dapat dikatakan sebagai sistem koordinasi untuk mengantisipasi perubahan kondisi lingkungan dan perubahan status kehidupan (reproduksi dsb). Perubahan lingkungan akan diinformasikan ke sistem syaraf (syaraf pusat dsb), syaraf akan merangsang kelenjar endokrin untuk mengeluarkan hormon-hormon yang dibutuhkan . Hormon dikirim ke organ target dan aktivitas metabolisme, akan merangsang jaringan-jaringan a. l untuk bergerak. Sistem syaraf terdiri dari :

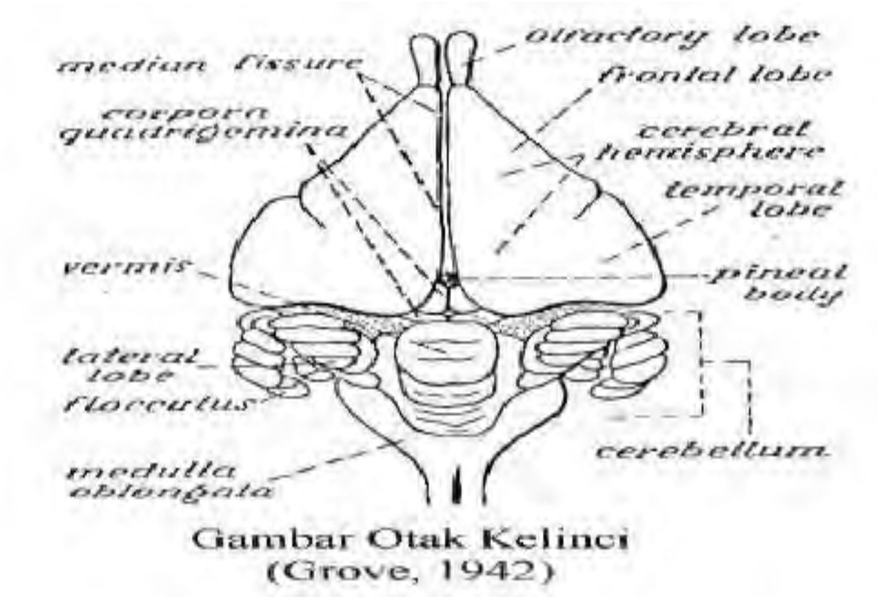
- sistem cerebro spinal :
- sistem syaraf pusat : otak dan tulang punggung
- sistem syaraf tepi
- sistem otonomi : simpati dan parasimpati
- organ-organ khusus : hidung, telinga, mata, LL

Keistimewaan sistem syaraf pada ikan : sistem syaraf pada LL, mendeteksi kondisi lingkungan (pH, suhu, dsb) karena mengandung ujung-ujung sel syaraf dan sel darah.

Anatomi Syaraf pada Kelinci:

Sistem Syaraf Kelinci (Lepus nigricollis)

Menurut, Kastawi, (1992)Sistem syaraf pada kelinci (Lepus nigricollis) terdiri atas 2 bagian yaitu:sistem syaraf pusat dan syaraf periferi. Sistem syaraf pusat terdiri dari otak danmedula spinalis (sumsum tulang belakang) yang terdapat pada di dalam canalisvertebralis dan berhubungan dengan otak melalui foramen magnu.



Gambar 47. Otak Kelinci (Lepus nigricollis) (Grove dan Newell, 1942).

Pada bagian otak terdiri dari cerebrum (otak besar) dan cerebellum (otak kecil). Cerebellum mempunyai permukaan yang berlekuk yang berfungsi sebagai koordinasi aktifitasnya. Sedangkan sistem syaraf

perifer (sistem syaraf tepi) berfungsi untuk mengumpulkan informasi yang dalam bentuk rangsang listrik (implus) dari berbagai organ dalam dan luar untuk disampaikan pada syaraf pusat. Dan juga membawa implus dari pusat syaraf menuju pusat motorik tubuh (Kastawi, (1992)

Sistem Syaraf pada Kucing:

Sistem syaraf pada kucing, secara general memiliki tingkat perkembangan yang lebih tinggi dari kelas lain. Serebrum berukuran lebih besar jika dibandingkan keseluruhan bagian otak. Serebellum juga berukuran lebih besar dan berlobus lateral 2 buah. Lobus optikus ada 4 buah, setiap bagian lateralnya dibagi oleh alur transversal menjadi lobus anterior dan posterior. Otak terdiri dari beberapa bagian yang hampir sama dengan vertebrata yang lain, seperti prosenchepalon, lobus opticus, cerebellum, dan medulla oblongata.

3. Refleksi

Pengetahuan dasar tentang anatomi syaraf, akan terasa lebih mudah jika setiap dari kalian telah mengawalinya dengan membaca materi ajar yang akan dibahas di sekolah. Banyak hal yang perlu ditingkatkan untuk menambah motivasi belajar, diantaranya meningkatkan sifat ingin tahu, kreatif, dan semangat mau membaca dari berbagai sumber. Peserta didik amat perlu melakukan tinjauan ulang tentang anatomi syaraf secara lebih mendalam lagi, sebagai penunjang /materi dasar dalam membahas beberapa permasalahan yang terjadi pada sistemsyaraf, lebih banyak melakukan diskusi dengan teman dan bertanya lebih ditingkatkan lagi kepada guru. . Sebab pengetahuan dasar yang telah dipelajari akan dibutuhkan pada pembelajaran materi berikutnya berkaitan dengan masalah fisiologi anatomi syaraf yang amat komplek.

Peserta didik dapat mengembangkan pengetahuan dasar ini dengan mengunduh dari berbagai sumber . Masukan untuk memperlancar proses pembelajaran berikutnya adalah belajar dengan menggunakan alat pembelajaran seperti charta, poster, alat/organ, serta menambah ketrampilan mengamati obyak yang faktual tubuh hewan

4. Tugas

Sebelum melaksanakan tugas berikut, bentuklah kelompok maksimal 5 orang perkelompok. Masing-masing kelompok mempersiapkan peralatan sebagai berikut: alat bedah(cutter /scalpel/pisau, gunting, ember, nampan/baki, dan bahan seperti ayam mati, dan hewan lain(lebih beragam lebih baik), air, bahan desinfektan. Bukalah rongga dada, ronggga perut, bagian kaki /sayap, dan bagian kepala sesuai prosedur. Lakukan pengamatan secara seksama kemudian lanjutkan tugas berikut ini!

1. Temukan organ otak besar dan kecil, syaraf bagian alat gerak.
2. Kenali bentuk organ yang termasuk ke dalam sistem syaraf
3. Telusuri arah persyarafan yang anda temukan, dan gambarlah sesuai pengamatan.
4. Diskusikan dengan teman sekelompok pembagian sistem syaraf yang telah anda temukan.
5. Bandingkan dengan kelompok lain dan dengan sistem organ syaraf terhadap hewan lain apakah ada perbedaan?
6. Jika ada perbedaan sebutkan perbedaan yang tampak baik bentuk, letak, ukuran, dsb pada setiap hewan.

5. Tes Formatif

1. Bagian otak dibawah ini adalah yang memegang peranan pada reflek mata dan berkaitan dengan tonus otot serta posisin dan kedudukan tubuh adalah

   A. Otak depan   B. Otak tengah   C. Otak belakang

   D. AB benar   E. Semua benar

2. Bagian sumsum lanjutan yang menghubungkan sumsum tulang belakang dan otak, dan terjadi tempat pengaturan pernapasan adalah . . .
3. Sebutkan bagian-bagian neuron berdasarkan fungsinya!
4. Sistem syaraf . . . adalah merupakan pengendali kegiatan gerakan sadar.
5. Susunan syaraf pusat mamalia terdiri dari

   A. Otak dan nefron

   B. Otak dan sumsum

   C. Sumsum dan serabut syaraf

   D. Syaraf sadar dan tak sadar

   E. Nefron dan serabut syaraf

Jawaban

1. B

2. Spon

3. Neuron sensorik, neuronmotorik dan neuronkonektor.

4. Motorik

5. B.

Rangkuman

Telah diketahui bahwa syaraf tersusun atas sel-sel syaraf yang disebut neuron. Dalam hal ini dibedakan pula adanya 1) neuron sensorik, yang menyusun syaraf sensorik, 2) neuron motorik, yang menyusun syaraf motorik, dan 3) neuron asosiasi, terdapat di otak dan sumsum tulang belakang, dan menghubungkan neuron sensorik dan motorik.

Sistem syaraf berfungsi untuk mengkoordinasikan seluruh aktivitas pada tubuh ternak. Sel penyusun sistem syaraf dapat dibedakan menjadi dua yaitu sel syaraf (neuron) dan sel glia. Sel syaraf berfungsi untuk menerima dan meneruskan impuls syaraf, sedangkan sel glia berfungsi untuk mendukung struktur dan fungsi sel syaraf. Sel syaraf bekerja dengan cara menimbulkan dan menjalarkan impuls. Impuls dapat menjalar pada sebuah sel syaraf, tetapi juga dapat menjalar ke sel lain dengan melewati sinapsis.

C. Penilaian

1. Sikap

FORMAT PENILAIAN SIKAP

KOMPETENSI KEAHLIAN :. . . . .

KELAS :. . . . .

No(n)	Aspek Sikap/ranah Non Instruksional/Attitude	Skor Perolehan									
		Believe(B)(Preferensi oleh Peserta didik ybs)					Evaluation(E)(Oleh Guru /Mentor)				
1	Kedisiplinan	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	Kejujuran										
3	Kerjasama										
4	Mengakses dan mengorganisasi informasi										
5	Tanggung jawab										
6	Memecahkan masalah										
7	Kemandirian										
8	Ketekunan										
9	Religius										

Guru Mata Pelajaran . . . . , ... 20.....

Peserta Didik

(. . . . .) (. . . . .)

NIP. . . . . NIS. . . . .

2. Pengetahuan dan Keterampilan

ANALISIS NILAI DAN INDIKATOR

(ANALISIS MATA PELAJARAN)

Nama Sekolah	: SMK ....
Mata Pelajaran	: ....
Tahun Pelajaran	: 2013/2014
Program Keahlian	: Agroteknologi
Kompetensi Keahlian	: Agribisnis Ternak ....
Standar Kompetensi	: Menjelaskan dasar-dasar anatomi ternak
Nama Guru	: ....
Kelas	: ....

Kompetensi Dasar	**THB**	**Nilai**	**Indikator**	**THB**
Menerapkan pengetahuan jaringan syaraf hewan	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4
Menalar jaringan syaraf hewan	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4

Kegiatan Pembelajaran 4 : Anatomi Imunitas

A. Deskripsi

Sistem kekebalan adalah reaksi dari dalam tubuh untuk melindungi tubuh dari berbagai penyakit, sistem kekebalan menjadi sangat vital bagi kehidupan hewan dan manusia. Bila sesuatu berjalan salah dengan system kekebalan tubuh maka akibatnya akan fatal. Misalnya, bila kelenjar timus tidak normal bekerja, maka sel limfosit gagal untuk berkembang.

Autoimunitas adalah suatu kondisi yang membahayakan dimana tubuh mengembangkan antibodi pada antigennya sendiri. Secara normal, tubuh "belajar" untuk mengenali proteinnya sendiri dan antigen lainnya selama pertumbuhnannya dan tidak dapat memproduksi antibodi untuknya. Akan tetapi, kadang-kadang sistem pengenalan diri pecah. Dalam beberapa contoh, hal ini terjadi karena tubuh di pacu untuk memproduksi antibodi dalam merespon antigen asing yang serupa dengan salah satu antigen tubuhnya sendiri. Dalam kasus semacam ini antibodi dapat merusak protein tubuh yang serupa maupun antigen asing. Contohnya, antibodi yang terbentuk selama demam rematik dapat menyebabkan reaksi otoimunitas yang menguraikan protein tubuh di kemudian hari, terutama di dalam jantung. Arthritis rematik, anemia pernisiosa, penyakit addeson dan sejumlah penyakit lain yang bersifat merusak juga diperkirakan disebabkan oleh otoimunitas. Jadi otoimunitas merupakan kegagalan daya diskriminasi endogen-endogen pada sistem kekebalan sehingga zat yang berasal dari tubuh sendiri di anggap sebagai zat atau benda asing dan terhadapnya di bentuk zat antibodi. Virus kadang-kadang melewati kulit dan selaput lendir untuk menghindarkan diri dari sel-sel sistem kekebalan yang ada di dalam darah dan masuk ke dalam sel tubuh. Kemudian sel-sel tubuh memproduksi interferon. Interferon adalah protein yang membantu melindungi sel-sel tubuh terhadap virus.

Respon kebal mempunyai tiga ciri, yaitu kekhususan, pengenalan terhadap benda asing, dan daya ingat. Peranan sistem kekebalan adalah untuk mengenali dan membinasakan antigen asing yang masuk kedalam tubuh. Suatu antigen adalah setiap benda atau zat yang dapat memacu tubuh untuk meningkatkan repons kebal terhadapnya. Antigen yang paling umum adalah protein yang mengandung substansi dari organisme lain, seperti toksin yang dihasilkan oleh bakteri atau lapisan protein penutup virus.

B. Kegiatan belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca bahan ajar ini peserta didik diharapkan:

- Mampu memahami jenis-jenis organ pertahanan tubuh pada hewan.
- Membedakan sel-sel sistem kekebalan tubuh.
- Mampu menjelaskan mekanisme pertahanan tubuh hewan.
- Menjelaskan penyebab kegagalan terbentuknya kekebalan dalam tubuh.

2. Uraian materi

a. Pengertian sistem imun

Sistem Imun (immune system) adalah sistem pertahanan mamalia sebagai perlindungan terhadap infeksi dari makromolekul asing atau serangan organisme, termasuk virus, bakteri, protozoa dan parasit. Sistem kekebalan juga berperan dalam perlawanan terhadap protein tubuh dan molekul lain seperti yang terjadi pada autoimunitas, dan melawan sel yang berkembang menjadi tumor. (Wikipedia. com)

Sistem kekebalan atau sistem imun adalah sistem perlindungan pengaruh luar biologis yang dilakukan oleh sel dan organ khusus pada suatu organisme. Jika sistem kekebalan bekerja dengan benar, sistem ini akan melindungi tubuh terhadap infeksi bakteri dan virus, serta menghancurkan sel kanker dan zat asing lain dalam tubuh. Jika sistem kekebalan melemah, kemampuannya melindungi tubuh juga berkurang, sehingga menyebabkan patogen, termasuk virus yang menyebabkan demam dan flu, dapat berkembang dalam tubuh. Sistem kekebalan juga memberikan pengawasan terhadap sel tumor. Terhambatnya sistem ini juga telah dilaporkan meningkatkan resiko terhadap beberapa jenis kanker.

Respon Sistem Imun

Respon imun adalah respon tubuh berupa suatu urutan kejadian yang komplek terhadap antigen, untuk mengeliminasi antigen tersebut. Respons imun ini dapat melibatkan berbagai macam sel dan protein, terutama sel makrofag, sel limfosit, komplemen dansitokin yang saling berinteraksi secara kompleks. Mekanisme antibodi tubuh(pertahanan tubuh) terdiri atas mekanisme pertahanan non spesifik dan mekanisme pertahanan spesifik.

Antibodi, disebut juga imunoglobulin adalah glikkoprotein plasma yang bersirkulasi dan dapat berinteraksi secara spesifik dengan determinan antigenic yang merangsang pembentukan antibodi, antibodi disekresikan oleh sel plasma yang terbentuk melalui proliferasi dan diferensiasi limfosit B. Padamamalia (manusia) ditemukan lima kelas imunoglobulin, Ig. G, terdiri dari dua rantai ringan yang identik dan dua rantai berat yang identik diikat oleh ikatan disulfida dan tekanan non kovalen. Ig G merupakan kelas yang paling banyak jumlahnya, 75 % dari imunoglobulin serum IgG bertindak sebagai suatu model bagi kelas-kelas yang lain.

Fungsi dari Sistem Imun

Sumsum

Semua sistem kekebalan tubuh berasal dari sel-sel induk dalam sumsum tulang. Sumsum tulang adalah tempat asal sel darah merah, sel darah putih (termasuk limfosit dan makrofag) dan platelet. Sel-sel dari sistem kekebalan tubuh juga terdapat di tempat lain.

Timus

Dalam kelenjar timus sel-sel limfoid mengalami proses pematangan sebelum lepas ke dalam sirkulasi. Proses ini memungkinkan sel T untuk mengembangkan atribut penting yang dikenal sebagai toleransi diri.

Getah bening

Kelenjar getah bening berbentuk kacang kecil terbaring di sepanjang perjalanan limfatik. Terkumpul dalam situs tertentu seperti leher, axillae, selangkangan dan para-aorta darah. Pengetahuan tentang situs kelenjar getah bening yang penting dalam pemeriksaan fisik pasien.
Disamping jaringan limfoid berkonsentrasi dalam kelenjar getah bening dan limpa, jaringan limfoid juga ditemukan di tempat lain, terutama saluran pencernaan, saluran pernafasan dan saluran urogenital.

Mekanisme Pertahanan

1) Mekanisme Pertahanan Non Spesifik

Mekanisme pertahanan non spesifik disebut juga respon imun alamiah karena dilihat dari cara perolehannya.

Yang merupakan mekanisme pertahanan non spesifik tubuh adalah kulit dengan kelenjarnya, lapisan mukosa dengan enzimnya, serta kelenjar lain dengan enzimnya seperti kelenjar air mata. Demikian pula sel fagosit (sel makrofag, monosit, polimorfonuklear) dan komplemen merupakan komponen mekanisme pertahanan non spesifik.

2) Mekanisme Pertahanan Spesifik

Mekanisme pertahanan spesifik adalah mekanisme pertahanan yang diperankan oleh sel limfosit, dengan atau tanpa bantuan komponen sistem imun lainnya seperti sel makrofag dan komplemen. Bila pertahanan non spesifik belum dapat mengatasi invasi mikroorganisme maka imunitas spesifik akan terangsang. Mekanismepertahanan spesifik disebut juga respons imun didapat. Mekanisme Pertahanan Spesifik dibagi menjadi dua macam yaitu imunitas humoral dan selular.

Imunitas humoral adalah imunitas yang diperankan oleh sel limfosit B dengan atau tanpa bantuan sel imunokompeten lainnya. Tugas sel B akan dilaksanakan oleh imunoglobulin yang disekresi oleh sel plasma. Terdapat lima kelas imunoglobulin yang kita kenal, yaitu IgM, IgG, IgA, IgD, dan IgE.

Kelompok utama leukosit yang berperan dalam respons kebal adalah :

1. Sel fagosit, yang meliputi netrofil dan makrofag. Netrofil terdapat di dalam darah. Makrofag dapat meninggalkan system peredaran darah dan masuk ke dalam jaringan dan rongga tubuh.

2. Sel limfosit, yaitu sel-sel kecil dengan bentuk berubah-ubah yang mengenali antigen, menghasilkan antibodi dan mengontrol respon kebal. Limfosit beredar ke seluruh bagian tubuh, dari aliran darah ke limfe dan kembali ke dalam darah. Limfosit mempunyai dua bentuk utama, yaitu T. limfosit dan B. Limfosit, keduanya berasal dari sumsum tulang.

Vaksinasi

Vaksinasi terhadap suatu penyakit yang khusus menyebabkan system kekebalan, dapat meningkatkan respon kebal pertama dan menghasilkan sel-sel memori (sel system imun yang mengingat peristiwa imonologik tertentu) yang siap untuk memicu respon kebal kedua pada perlawanan tubuh yang pertama terhadap antigen penyakit .

Antibodi (Immunoglobulin)

Antibodi (gamma globulin) adalah glikoprotein dengan struktur tertentu yang disekresi dari limfosit-B yang telah teraktivasi menjadi sel plasma, sebagai respon dari antigen tertentu dan reaktif terhadap antigen tersebut.

Pembagian Immunglobulin

Immunoglobulin dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1) Antibodi A (Immunoglobulin A, IgA) adalah antibodi yang memainkan peran penting dalam imunitas mukosis (en:mucosal immune). IgA banyak ditemukan pada bagian sekresi tubuh (liur, mukus, air mata, kolostrum dan susu) sebagai sIgA (secretoryIgA) dalam perlindungan permukaan organ tubuh yang terpapar dengan mencegah penempelan bakteri dan virus ke membran

mukosa. Kontribusi fragmen konstan sIgA dengan ikatan komponen mukus memungkinkan pengikatan mikroba.

2) Antibodi D (Immunoglobulin D, IgD) adalah sebuah monomer dengan fragmen yang dapat mengikat 2 epitop. IgD ditemukan pada permukaan menyerap sel B bersama dengan IgM atau sIga, tempat IgD dapat mengendalikan aktivasi dan supresi sel B. IgD berperan dalam mengendalikan produksi autoantibodi sel B. Rasio serum IgD hanya sekitar 0, 2%.

3) Antibodi E (antibody E, immunoglobulin E, IgE) adalah jenis antibodi yang hanya dapat ditemukan pada mamalia. IgE memiliki peran yang besar pada alergi terutama pada hipersensitivitas tipe 1. IgE juga tersirat dalam sistem kekebalan yang merespon cacing parasit (helminth) seperti Schistosoma mansoni, Trichinella spiralis, dan Fasciola hepatica, serta terhadap parasit protozoa tertentu seperti Plasmodium falciparum, dan artropoda.

4) Antibodi G (Immunoglobulin G, IgG) adalah antibodi monomeris yang terbentuk dari dua rantai berat dan rantai ringan , yang saling mengikat dengan ikatan disulfida, dan mempunyai dua fragmen antigen-binding. Populasi IgG paling tinggi dalam tubuh dan terdistribusi cukup merata di dalam darah dan cairan tubuh .
5) Antibodi M (Immunoglobulin M, IgM, macroglobulin) adalah antibodi dasar yang berada pada plasma B. Dengan rasio serum 13%, IgM merupakan antibodi dengan ukuran paling besar, berbentuk pentameris 10 area epitop pengikat, dan beredar segera setelah tubuh terpapar antigen sebagai respon imunitas awal (en:primary immune response) pada rentang waktu paruh sekitar 5 hari. Bentuk monomeris dari IgM dapat ditemukan pada

permukaan limfosit- B dan reseptor sel-B. IgM adalah antibodi pertama yang tercetus pada 20 minggu pertama masa janin

Imunitas bawaan

Sistem yang melindungi tubuh dari berbagai infeksi dan penyakit disebut sebagai sistem kekebalan tubuh. Namun, sistem kekebalan tubuh bawaan jangka panjang mengacu pada mekanisme yang digunakan oleh tubuh untuk melindungi terhadap semua agen lingkungan, yang dapat mencakup makanan, bahan kimia, obat-obatan, penyakit dan lain-lain.

Imunitas bawaan adalah sistem kekebalan tubuh sendiri, yang selalu tersedia untuk melindungi tubuh. Ketika patogen memasuki tubuh, mereka dengan cepat diserang oleh komponen dari sistem pertahanan dan dibunuh pada waktu yang sama. Ini adalah baris pertama pertahanan dalam kebanyakan tanaman dan hewan.

Imunitas bawaan terdiri dari beberapa macam hambatan, yang disebutkan di bawah ini:

1) anatomis
2) Fisiologis

Sistem Kekebalan Bawaan Hambatan :

- *Hambatan anatomis*: Mekanisme pertahanan menghalangi masuknya patogen ke dalam tubuh. Mereka adalah kulit dan selaput lendir – lendir menjebak patogen asing dan silia mendorong mereka keluar dari tubuh.
- *Hambatan Fisiologis*: Ini termasuk suhu tubuh, pH dan sekresi tubuh lainnya yang mencegah pertumbuhan mikroorganisme masuk ke dalam tubuh. Sebagai contoh, suhu tubuh yaitu, demam, mencegah pertumbuhan patogen dan suasana asam di perut

melakukan hal yang sama. Selain itu, lisosim, yang hadir dalam air mata mencerna dinding sel bakteri dan membunuh mereka. Dan ketika virus menyerang jaringan tubuh, interferon hadir dalam sel melindungi jaringan tubuh.

- *Hambatan fagositik*: Ini adalah salah satu mekanisme pertahanan yang paling penting dalam kekebalan bawaan. Manusia mengandung fagosit yang beredar di dalam tubuh – fagosit yang paling penting adalah makrofag dan neutrofil. Ini fagosit menelan mikroba, virus, puing-puing selular, dll.
- *Respon inflamasi*: Ketika serangan patogen dan tempat infeksi menjadi merah – daerah membengkak terinfeksi dan suhu juga meningkat. Tanggapan semacam ini dikenal sebagai respon inflamasi. Respon tersebut terjadi karena pelepasan sinyal alarm kimia seperti histamin dan prostaglandin oleh mastosit rusak. Protein serum juga dilepaskan dari pembuluh darah. Sel pagosit juga hadir pada daerah yang dipengaruhi yang membantu menghancurkan patogen menyerang.

b. Komponen Sistem Imun Spesifik

Barier Sel Epitel

Sel epitel yang utuh merupakan barier fisik terhadap mikroba dari lingkungan dan menghasilkan peptida yang berfungsi sebagai antibodi natural. Didalam sel epitel barier juga terdapat sel limfosit T dan B, tetapi diversitasnya lebih rendah daripada limfosit T dan B pada sistem imun spesifik. Sel T limfosit intraepitel akan menghasilkan sitokin, mengaktifkan fagositosis dan selanjutnya melisiskan mikroorganisme. Sedangkan sel B limfosit intraepitel akan menghasilkan Ig M.

Neutrofil dan Makrofag

Ketika terdapat mikroba dalam tubuh, komponen pertama yang bekerja adalah neutrofil dan makrofag dengan cara ingesti dan penghancuran terhadap mikroba tersebut. Hal ini dikarenakan makrofag dan neutrofil mempunyai reseptor di permukaannya yang bisa mengenali bahan intraselular (DNA), endotoxin dan lipopolisakarida pada mikroba yang selanjutnya mengaktifkan aktifitas antimikroba dan sekresi sitokin.

Makrofag adalah jenis darah putih yang membersihkan tubuh dari partikel mikroskopis yang tidak diinginkan seperti bakteri dan sel-sel mati.

Di dunia dimana kita hidup bisa menjadi tempat yang berantakan. Karena segala sesuatu di alam cendrung ke arah kekacauan,hidup kita cenderung untuk melakukan hal yang sama.Rumah menjadi berantakan,sampah berkumpul sepanjang sisi jalan. Ini adalah pekerjaan yang tetap hanya untuk menjaga hal-hal seperti memungut dan membersihkan sampah.Yang cukup menarik,situasi yang sama terjadi di dalam tubuh kita dan hewan sepanjang waktu.Sel mati,bakteri yang berkeliaran di dalam,dan virus yang mencoba pengambilalihan massal. Sistem kekebalan tubuh terus bekerja kearas menghancurkan penyusup ini dan terus membereskan kekacauan ini.Satu sel pada khususnya adalah makrofag yang merupakan bagian intergral dari proses pembersihan.

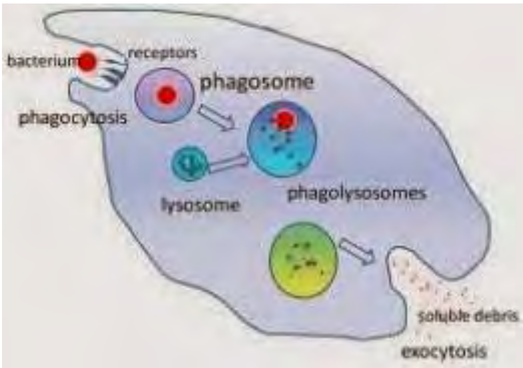
Makrofag merupakan bagian penting dari sistem kekebalan tubuh,memiliki kemampuan untuk mencari dan memakan partikel seperti bakteri ,virus,jamur dan parasit. Makrofag yang lahir dari sel-sel darah putih yang disebut monosit,yang yang diproduksi oleh sel-sel induk dalam sumsum tulang. Monosit bergerak melalui aliran

darah, dan ketika mereka meninggalkan darah,mereka tumbuh menjadi makrofag.

Fungsi sebuah makrofag

Makrofag menyelesaikan tugas pembersihan yang sedang berjalan dengan menelan partikel yang tidak diinginkan dan memakan mereka. Makrofag menggunakan proses yang disebut fagositosis untuk menghancurkan dan menyingkirkan partikel yang tidak diinginkan dalam tubuh.Fagositosis secara harfiah berarti sel ´makan.´Proses ini bekerja seperti ini: karena makrofag menelan partikel,kantongnya disebut fagosum terbentuk di sekitarnya. Kenudian enzym yang dilepaskan oleh fagosom oleh organel dalam makrofag disebut lisosom.

Sama seperti enzim dalam perut kita sendiri dilepaskan untuk mencerna makanan.Enzim yang dikeluarkan oleh lisosom mencerna partikel.Puing-puing yang tersisi,atau apa yang tersisa dari partikel,keluar diserap kembali ke dalam tubuh.



Gambar 48. Tugas makrofag(Sumber:http://www.sridianti.com)

Makrofag membersihkan berbagai benda asing yang tidak diinginkan. Bakteri,virus,jamur dan parasit adalah beberapacontoh dari penyerbu yang ditargetkan. Meskipun tubuh memiliki hambatan di tempat seperti kulit dan selaput lendir yang terus keluar banyak,mikroorganisme ini masih bisa masuk ke dalam tubuh.

Namun,setiap pelaku luar yang tidak bisa masuk dengan cepat dihadapkan oleh sel-sel pembersihan yang super.Aspek lain yang menarik dari makrofag adalah kemampuannya untuk mengetahui mana sel-sel untuk menghancurkan dan mana yang harus meninggalkan sendirian. Sel-sel hidup dalam tubuh memiliki satu set tertentu protein pada membran luar mereka.Mereka adalah tanda ID untuk sel-sel kita.Ini adalah bagaimana seitem kekebalan tubuh mengenali sel kita sendiri dibandingkan benda asing.

Meskipun makrofag tidak membedakan antara berbagai jenis bakteri,virus atau pihak luar lainnya,mereka mengetahui bahwa partikel-partikel tersebut tidak termasuk dalam tubuh dengan mendeteksi protein luar yang berbeda.

Makrofag bahkan memiliki kemampuan untuk mendeteksi sinyal yang dikirim oleh bakteri,yang memungkinkan mereka untuk melakukanperjalanan ke tempat infeksi. Tetapi pekerjaan makrofag tidak berhenti disitu. Setelah menelan virus dan dicerna,misalnya makrofag menampilkan protein mengidentifikasi virus tertentu. Sebuah pesan akan dikirim ke seluruh sitem kekebalan tubuh untuk memanggil produksi antibodi spesifik untuk virus tertentu.Sepasukan sel tempur kemudian dikirim keluar untuk menghancurkan virus sebelum mereka dapat melakukan lebih banyak kerusakan.Makrofag bahkan menyerang beberapa sel kanker. Selain itu makrofag juga membersihkan puing-puing sel mati dan ´sampah´lainnya yang mungkin tergeletak di sekitar. Bayangkan penyapu jalan perlahan-lahan bergulir di jalan anda. Setiap kotoran atau sampah yang ada di trotoar tersapu dan ´ditelan´oleh mobil pengangangkut kotoran. Hasilnya adalah jalan bebas dari kotoran atau gangguan lainnya. Kita bisa membayangkan makrofag derngan cara yang sama ketika membersihkan puing-puing sel.

Jenis makrofag

Ada dua jenis makrofag,mereka yang berkeliaran dan merekayang tinggal di tempat yang tetap.Roaming makrofag dapat ditemukan terutama dalam cairan antar sel.Mereka terus berpatroli,bergerak melalui saluran kecil antara sel-sel,mencari penyusup yang tidak diinginkan atau puing-puing sel mati. Apakah itu sampah sel atau bakteri yang telag berhasil menginvasi tubuh, makrofag jelajah akan menelan dan mencerna pelaku,menjaga daerah itu bebas dan jelas.

Jenis lain dari makrofag tidak berkeliaran tetapi tinggal di satu area tertentu dari tubuh. Setelah mereka meninggalkan aliran darah, mereka menetapn menjadi organ tubuh tertentu. Makrofag ini tetap ditemukan dalam otak,tulang,hati,ginjal,dan paru-paru,serta organ internal penting lainnya,ditempatkan di sana secara permanen,mereka adalah garis pertahanan penting untuk organ-organ ini yang mutlak harus tetap sehat.

NK Sel

NK sel mampu mengenali virus dan komponel internal mikroba. NK sel di aktifasi oleh adanya antibodi yang melingkupi sel yang terinfeksi virus, bahan intrasel mikroba dan segala jenis sel yang tidak mempunyai MCH class I. Selanjutnya NK sel akan menghasilkan porifrin dan granenzim untuk merangsang terjadinya apopt

c. Kegagalan system kekebalan

Sistem kekebalan sangat penting dalam melindungi tubuh dari berbagai penyakit. Jika sistem kekebalan tubuh tidak berjalan normal, akan berakibat fatal. Jika kelenjar timus bekerja tidak normal, maka T. Limfosit tidak akan berkembang dengan baik.

Otoimunitas adalah suatu kondisi yang membahayakan dimana tubuh mengembangkan antibodi pada antigennya sendiri. Secara normal, dalam perkembangannya tubuh belajar mengenali proteinnya sendiri dan antigen lainnya. Kadang sistem pengenalan diri rusak. Secara wajar, tubuh "belajar" untuk mengenali proteinnya sendiri dan antigen lainnya selama perkembangan dan tidak dapat memproduksi antibodi untuknya. Akan tetapi, kadang-kadang system pengenalan diri pecah. Dalam beberapa contoh, hal ini terjadi karena tubuh di pacu untuk memproduksi antibodi dalam merespon antigen asing yang serupa dengan salah satu antigen tubuhnya sendiri. Dalam kasus semacam ini antibody dapat merusak protein tubuh yang serupa maupun antigen asing. Contohnya, antibody yang terbentuk selama demam rematik dapat menyebabkan reaksi otoimunitas yang menguraikan protein tubuh di kemudian hari, terutama di dalam jantung. Arthritis rematik, anemia pernisiosa, penyakit addeson dan sejumlah penyakit lain yang bersifat merusak juga diperkirakan disebabkan oleh otoimunitas. Jadi, otoimunitas merupakan kegagalan daya diskriminasi endogen-endogen pada system kekebalan sehingga zat yang berasal dari tubuh sendiri di anggap sebagai zat atau benda asing dan terhadapnya di bentuk zat anti (antibody).

d. Kekebalan tubuh pada ayam

Sistem kekebalan ayam merupakan suatu mekanisme yang digunakan dalam tubuh ayam sebagai perlindungan terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh pengaruh dari lingkungan sekitarnya.

Sistem kekebalan ini yang bertugas melakukan pertahanan terhadap infeksi mikroorganisme atau bahan organik berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan.

Sistem kekebalan adalah suatu sistem pertahanan tubuh yang dilakukan oleh sistem limfoid dengan menghasilkan antibodi. Zat antibodi berfungsi sebagai pertahanan tubuh secara alami untuk melawan substansi asing yang masuk ke dalam tubuh seperti infeksi bakteri, virus, jamur, dan lainnya. Sistem kekebalan tubuh ayam sudah terbentuk saat ayam masih kecil. Sekitar 70% dari sistem tersebut terbentuk pada minggu pertama masa periode pemanasan. Karena itu, masa periode pemanasan (*brooding period*) merupakan masa yang menentukan tingkat keberhasilan pembentukan sistem kekebalan pada tubuh ayam.

Sistem kekebalan tubuh unggas beroperasi pada prinsip-prinsip umumyang sama seperti mamalia. Keduanya dibagi menjadi dua mekanisme non-spesifik dan spesifik. Sistem pelindung sering tidak dipertimbangkan ketika merancang sebuah kesehatan unggas. Program mekanismenon-spesifik termasuk:Faktor genetik-melalui generasi strain ayam dikembangkan yang dibutuhkan reseptor, diperlukan sebelum penyakit tertentu dapat menginfeksi mereka. Banyak organisme penyakit tidak dapat menembus penutup tubuh utuh(kulit dan membran mukosa) atau terjebak dalam sekresi lendir. Mekanisme imun spesifik(sistemdiperoleh)dibagi menjadi seluler dan non-seluler(humoral) Komponennon seluler termasuk imunoglobulin(antibodi) dan sel-selyang memproduksi mereka. Misalnya, antibodi terhadap penyakit Newcastle, virus akan melampirkan hanya terhadap virusNewcastle, tidak dengan virus infectious bronchitis. Itu komponen seluler dari kekebalan spesifik mekanisme mencakup semua sel yang bereaksi dengan kekhususan antigen, kecuali yang terkait dengan produksi antibodi. Sel-sel yang terkait dengan sistem ini.

T-limfosit, ulai sebagaisel induk yang sama seperti sel-B. Namun, T-limfosit yang diprogram di timus, sedangkan B-sel pada Bursa Fabricius. Seekor ayam dapat menjadi kebal terhadap penyakit

organismedengan memproduksi antibdi sendiri atau dengan memperoleh antibodi dari hewan lain.

Ketika ayam menghasilkan antibodi sendiri untuk bahan asing, prosesini disebut imunitas aktif. Hal ini terjadi setelah burung terkena vaksin atau lapangan tantangan penyakit. Kekebalan aktif adalah buruk terpengaruh oleh apapun yang merusak sistem kekebalan selular . Anak ayam menerima kekebalan dari ayam melalui telur, ini dinamakan imunitas pasif. Antibodi ini tidak diproduksi oleh anak ayam. Antibodi induk hadir dalam kuning telur, albumen, dan cairan dari telur. Jika anak ayam memiliki tingkat titer antibodi tinggi hanya bertahan beberapa minggu. Namun, karena kekebalan tubuh sistem ayam ini tidak dirangsang, tidak ada sel memori menghasilkan antibodi lebih. Oleh sebab itu tingkat antibodi dalam ayam dapat diperbaharui lagi melaui penjadwalan vaksinasi, yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan, guna meningkatkan titer antibodi . Jika vaksinasi tertunda dan tingkat titer rendah, maka akan berakibat pada kondisi dimana ayam akan dihadapkan pada mikroorganisme lapangan dengan kadar yang tidak menentu. Dengan keadaan yang demikian bila tantangan virus lapangan berlebihan bisa saja ayam akan sakit dan bila tantangan virus tidak mencukupi maka kekebalan yang dihasilkan juga rendah sehingga tidak cukup untuk kebutuhan tubuh sebagai jaminan untuk menjaga kekebalan tubuh.

Ayam juga memiliki paru-paru memiliki koleksi jaringan limfoid yang membantu melindungi terhadap penyakit yang masuk kabagian organ pernafasan. Hal ini disebut sebagai jaringan limfoid bronkial terkait, atau BALT. Demikian pula, ada serangkaian limfoid jaringan dalam saluran pencernaan yang membentuk jaringan limfoid Gut terkait(Galt).

GALT termasuk amandel cecal dan Patch Peyer pada usus.

Banyak interaksi seluler yang terlibat dalam respons kebal berlangsung di dalam simpul-simpul limfe, di dalam limfe, dan di tempat-tempat utama di mana pathogen masuk ke dalam tubuh. Tempat-tempat utama itu antara lain: lapisan saluran alat pernafasan, alat pencernaan, genetalia, dan saluran alat kencing.

Kita ketahui bahwa getah bening mengalir secara lambat masuk ke dalam pembuluh limfe yang berdinding tipis dan mengalir kembali masuk ke dalam darah lewat pembuluh torakikus. Sewaktu-waktu sepanjang pembuluh limfe, getah bening masuk melalui simpul-simpul limfe yang dilapisi oleh sel-sel darah putih (leukosit). Simpul-simpul limfe menyaring benda-benda asing keluar dari limfe. Tonsil dan adenoid adalah simpul-simpul limfe di dalam tenggorokan dan hidung. Limfe bekerja menyerupai filter untuk darah.

Jenis Sistem Kekebalan Tubuh

Didalam tubuh ayam, sistem kekebalan tubuh dihasilkan oleh dua organ yaitu bursa fabrisius dan timus.

1) T-system (Thymus system)

   Pada ayam muda, organ timus memproduksi limfosit yang lebih dikenal dengan sebutan limfosit T (*T-lymphocytes*) atau T-cells. Sel-sel ini secara umum bertanggung jawab sebagai sel mediasi (*cell-mediated*) terhadap reaksi kekebalan dan untuk mengatur reaksi sistem kekebalan. Pada saat ayam dewasa, T-cells berkembang dan terkumpul pada beberapa organ limfoid, seperti ginjal, tonsil usus buntu (*cecal tonsil*), dan kelenjar Harderian. Beberapa minggu setelah ayam menetas, *T-lymphocytes* tidak menghasilkan antibodi, tetapi berkembang menjadi *lymphokines* atau sering juga disebut dengan sel defektor (*defector cells*). Sel defektor berguna untuk menghancurkan sel-sel asing yang masuk ke dalam tubuh ayam dengan cara kontak langsung tanpa

menghasilkan antibodi. Sistem kekebalan ini disebut dengan *Cell-mediated Immunity* atau *Cellular Immunity*.

2) B-system (*Bursal system*)

Selain *T-cell*, pada ayam muda terdapat juga limfosit B (*B-cell*) yang diproduksi oleh organ *bursa fabricius*, yaitu kelenjar kecil yang terletak di dekat kloaka. Sistem kekebalan tubuh ini dikenal dengan istilah *B-system* yang bertanggung jawab untuk memproduksi antibodi pada ayam muda. Pada kenyataannya, *B-system* ini menghasilkan 700 kali lebih banyak antibodi dibandingkan dengan *T-system* pada ayam muda yang baru berumur sekitar satu minggu. Antibodi yang dihasilkan oleh bursa fabricius kemudian masuk ke dalam sistem jaringan darah dan berguna untuk pertahanan tubuh ayam dari infeksi penyakit.

B-system juga berfungsi sebagai limfosit untuk memproduksi sel-sel yang berperan sebagai sel memori (memory cells). Sel-sel ini berkembang dengan cepat sehingga T-cell bisa "merekam" atau mengingat bentuk respon kekebalan dan mempercepat pengulangan respon tersebut. Sebagai contoh, ketika kita melakukan vaksinasi pada ayam terhadap penyakit tertentu, sel-sel tersebut akan merespon dengan cara membuat pertahanan dengan memproduksi antibodi yang sesuai dengan penyakit tersebut dan "merekamnya" didalam sel memori. Jika kita melakukan vaksinasi yang kedua terhadap penyakit yang sama pada ayam tersebut, pertahanan tubuh akan memproduksi antibodi lebih cepat dibandingkan dengan vaksinasi yang pertama. Hal ini disebabkan sel-sel tersebut telah mempunyai daya ingat bagaimana antibodi yang pertama diproduksi.

Ada juga organ limfoid kedua, yaitu ginjal, sumsum tulang belakang dan struktur limfoid seperti kelenjar harderian (*Harderian gland*)

dan usus buntu (caecal tonsil). Organ limfoid kedua berguna sebagai area penyimpan lokal untuk limfosit dan untuk membedakan tempat dengan sel kekebalan lainnya seperti granulosit dan monosit. Kekebalan tubuh yang dihasilkan dari sistem kekebalan tubuh tersebut dikenal dengan nama kekebalan aktif (activeimmunity).

Secara alami, ayam yang baru menetas (DOC) mempunyai kekebalan induk (maternal antibodi) yang diperoleh dari induknya langsung. Kekebalan ini disebut juga parental immunity atau kekebalan pasif (passive immunity). Kekebalan induk ini diperoleh akibat adanya reaksi antibodi terhadap penyakit atau vaksin yang masuk ke dalam tubuh induk. Kekebalan dari induk tersebut berguna untuk melindungi ayam yang baru menetas dari berbagai macam infeksi penyakit.

Faktor Penghambat Sistem Kekebalan

Berikut inibeberapa faktor yang dapat menghambat proses terbentuknya sistem kekebalan (suppression of the immune systems) pada ayam, yaitu

a) Hambatan Terhadap T-system
Beberapa faktor yang dapat menghambat pembentukan T-system sebagai berikut.

- Penyakit marek
- Cuaca panas atau dingin
- Faktor genetik
- Reaksi vaksin yang tidak sempurna
- Alfatoksin

b) Hambatan pada B-system

Beberapa faktor yang dapat menghambat berfungsinya B-system sebagai berikut.

- Infeksi penyakit gumboro
- Cuaca panas atau dingin
- Leukosis limfoid (lymphoid leucosis)
- Defisiensi nutrisi
- Racun (toxin)
- Produksi antibodi rendah
- Penyakit hepatitis
- Alfatoksin

Ayam yang sehat akan menghasilkan performa produksi yang baik dan hal ini dapat dicapai apabila beberapa faktor yaitu tatalaksana peternakan, nutrisi dan program vaksinasi dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya. Ketiga faktor tersebut akan mendukung perkembangan optimal sistem kekebalan ayam. Dengan sistem kekebalan yang berkembang optimal maka kesehatan ayam akan lebih terjaga.

Sistem kekebalan tubuh adalah kemampuan tubuh dalam mempertahankan dirii dari pengaruh masuknya benda asing atau mikroorganisme seperti bakteri, virus maupun parasit. Tubuh harus mampu membedakan antar unsur dasar tubuh normal dengan benda asing penyebab penyakit. Jika sistem kekebalan tubuh tidak efektif maka infeksi yang kuat akan memyebabkan kematian.

Menurut Tonny Unandar, Private Poultry Farm Consultant, gangguan pada sistem pertahanan tubuh yang disebabkan oleh adanya faktor-faktor yang bersifat imunosupresif (faktor yang menekan/mendepresi respon pertahanan tubuh) mungkin menjadi suatu contoh yang paling representatif dewasa ini. Akibat jeleknya sistem pertahanan tubuh, maka akan muncul kasus-kasus infeksius yang sangat bervariasi baik

dalam jenis maupun dalam derajat keparahannya, bahkan cenderung dalam bentuk infeksi kompleks yang berulang-ulang. Akibat tubuh hanya mengandalkan kekuatan dari potensi suatu antibiotika dalam suatu program pengobatan, maka program antibiotika tersebut seolah-olah tidak "cespleng" atau bahkan gagal sama sekali. Antibiotika seolah sudah tidak berdaya sama sekali.

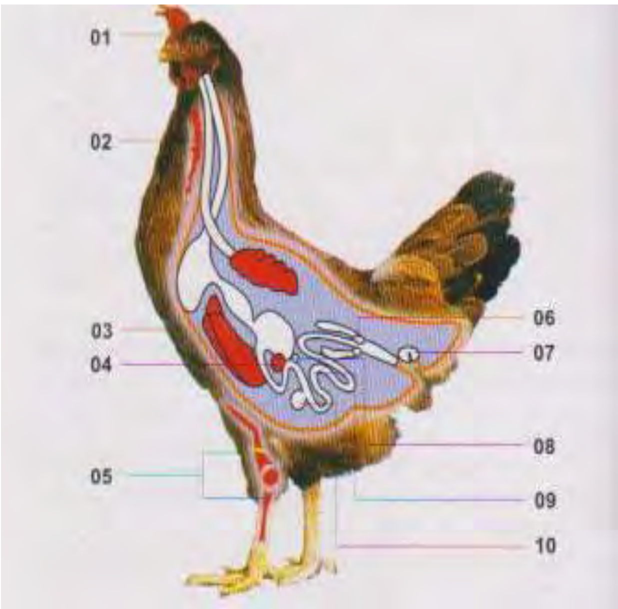
Secara harafiah, imunosupresi dapat diartikan "menekan respon imun". Pengertian yang lebih luas lagi adalah suatu kondisi di mana tubuh tidak memberikan respon yang optimal terhadap adanya induksi ataupun stimulasi sesuatu yang bersifat imunogenik (sesuatu yang mampu membangkitkan respon kekebalan/imun). Tegasnya, imunosupresi membuat tubuh host alias induk semang menjadi semakin lemah.

Faktor penyebab imunosupresif

Ada beberapa faktor yang menekan fungsi sistem kekebalan pada ayam yang menyebabkan imunosupresif. Prof. drh. Charles Rangga Tabbu, Dewan Pakar ASOHI mengatakan, Perkembangan organ limfoid yang suboptimal akan menyebabkan terjadinya imunosupresi.

Rusaknya fungsi organ limfoid (pabrik kekebalan) primer maupun sekunder, antara lain disebabkan oleh mikroorganisme (virus, bakteri, mikoplasma, fungi, protozoa, parasit internal), kandungan nutrien pakan yang rendah juga pencemaran oleh mikotoksin. Imunosupresif dapat terjadi karena beberapa faktor antara lain stress, sistem perkandangan seperti desain, perlengkapan, ventilasi, kondisi lingkungan, debu, amoniak, sumber air minum, program vaksinasi dan perubahan cuaca yang ekstrim. Prof. Dr. drh. I Wayan T. Wibawan, MS, Fakultas Kedokteran Hewan IPB, juga mengatakan, penyebab imunosupresif antara lain disebabkan oleh stress intrinsik dan ekstrinsik, defisiensi dan ketidakseimbangan nutrisi, penyakit

menular, dan metabolit mikoorganisme. Imunosupresif, menurut Wayan ditandai dengan respon terhadap vaksinasi yang tidak optimal, ayam peka terhadap berbagai infeksi, mudah sakit, respon terhadap pengobatan buruk, seolah-olah obat tidak efektif, dan organ-organ limfoid mengecil (thymus dan bursa)



Keterangan:01. kelenjar herderian, 02 kelenjar thymus, 03:hati, 04:limpa, 05:sumsum tulang panjang, 06:caeca tonsil, 07:bursa fabricius, 08:bercak limfoid, 09:peyer patches/lempeng payer, 10:sisa kuning telur

Gambar 49. Sistem kekebalan unggas(Sumber: Jonas. J . dkk. 2013)

Sistem kekebalan tubuh unggas dapat dipengaruhi oleh penyalahgunaan antibiotik atau sanitasi yang burukyang dapat mengganggu keseimbangan mikroflora dalam tubuh. Demikian pula pada kasus tingginya kadar debu atau amonia pada unggas dapat menyebabkan sistem silia menjadi kewalahan dan menjadi tidak efektif, gizi buruk dapat menyebabkan kekurangan yang memungkinkan organisme penyakit untuk menembus penutup pelindung tubuh, dan pemilihan strain tahan penyakit dapat

mencegah ataumengurangi efek tertentupenyakit. Alasan bahwapraktek manajemen yang baik penting dalam menjaga kesehatan unggas lebih dipahami ketika kekebalan non-spesifik dan spesifik sudah tak berdaya lagi.

e. Kekebalan pada Ikan

Ada beberapa substansi sel dan organ yang berperan dalam sistem pertahanan tubuh suatu organisme. Elemen-elemen tersebut sering disebut dengan sistem kekebalan (immune system). Organ yang terbasuk dalam sistem kekebalan adalah sistem "Reticulo Endothelial" , limfosit, plasmosit, dan fraksi serum protein tertentu. Sistem retikulo endothelial pada ikan terdiri atas : bagian depan ginjal, thymus, limfa (spleen), dan hati (pada awal perkembangan). Suatu jaringan yang menyerupai jaringan limfoid pada usus ikan diduga mempunyai peranan dalam mekanisme kekebalan tubuh.

Sel yang berperan dalam sistem tanggap kebal terdiri dari dua jenis sel limfosit yaitu limfosit –B dan limfosit-T. Aktivitas yang pasti dari sel –T pada ikan belum banyak diketahui tapi yang jelas peran utamanya adalah dalam sitem kekebalan seluler dan biasanya disebut dengan keimunan perantara sel (cell mediated immunity). Sel –B berperan dalam produksi imunoglobulin melalui rangsangan pada limfa dan mungkin hati pada ikan. Ikan tidak memiliki nodulus limfatikus.

Ada beberapa kelas imunoglobulin pada binatang kelas tinggi yaitu: IgG, IgA, IgM, IgD dan IgE. Konsentrasi IgM pada binatang kelas tinggi pada mulanya tinggi, tetapi setelah kadarnya menurun maka mulai terdapat IgG dan pada akhirnya kadar IgG makin tinggi dan IgM menurun.

Pada ikan immunoglobulin merupakan makroglobulin. Ikan juga hampir tidak memiliki immunoglobulin kelas IgG. Padahal fungsi dari IgG adalah sebagai komponen yang sangat penting bagi anti viral, anti bacterial dan anti toksin. Immunoglobulin pada ikan lebih banyak yang menyerupai IgM pada binatang kelas tinggi. Jadi pada ikan reaksi terhadap virus dan bakteri berlainan dengan binatang tingkat tinggi dimana pada ikan reaksi tersebut lebih banyak dengan IgM. Sistem kekebalan tubuh ikan secara fisiologis mirip dengan vertebrata yang lebih tinggi, meskipun ada perbedaan tertentu. Berbeda dengan vertebrata yang lebih tinggi, ikan merupakan organisme hidup bebas dari tahap embrionik awal kehidupan yang bergantung pada sistem kekebalan tubuh bawaan mereka untuk bertahan hidup.

Ikan memiliki sistem kekebalan tubuh untuk melawan berbagai macam penyakit yang terdiri dari sistem kekebalan non spesifik dan spesifik. Sistem kekebalan non spesifik terdiri dari sistem kekebalan pertama yang meliputi barrier mekanik dan kimiawi (kulit, sisik, lendir, dan insang) dan sistem kekebalan kedua yaitu darah sebagai pertahanan seluler (makrofag dan leukosit). Pada awal kehidupannya, sistem kekebalan ikan yang mula-mula berfungsi adalah sistem kekebalan nonspesifik sedangkan kekebalan spesifik (antibodi dan seluler) pada ikan baru berkembang dandapat berfungsi dengan baik sekitar umur beberapa minggu setelah telur menetas.

Saat ini studi tentang respon kebal pada ikan telah banyak dilakukan. Oleh karena itu pencegahan penyakit dengan menggunakan bahan-bahan yang dapat menimbulkan kekebalan baik dengan menggunakan vaksin maupun imunostimulan lain telah banyak dilaksanakan.

Ikan walaupun sistem pertahanan tubuhnya masih sangat sederhana ternyata mampu menunjukkan respon kebal, artinya ikan mampu memproduksi antibodi.

Ikan memiliki sistem kekebalan tubuh untuk melawan berbagai macam penyakit yang terdiri dari sistem kekebalan non spesifik dan spesifik.

Sistem kekebalan tubuh ikan secara fisiologis mirip dengan vertebrata yang lebih tinggi, meskipun ada perbedaan tertentu. Berbeda dengan vertebrata yang lebih tinggi, ikan merupakan organisme hidup bebas dari tahap embrionik awal kehidupan yang bergantung pada sistem kekebalan tubuh bawaan mereka untuk bertahan hidup. Sistem kekebalan non spesifik terdiri dari sistem kekebalan pertama yang meliputi barrier mekanik dan kimiawi (kulit, sisik, lendir, dan insang) dan sistem kekebalan kedua yaitu darah sebagai pertahanan seluler (makrofag dan leukosit). Pada awal kehidupannya, sistem kekebalan ikan yang mula-mula berfungsi adalah sistem kekebalan nonspesifik sedangkan kekebalan spesifik (antibodi dan seluler) pada ikan baru berkembang dan dapat berfungsi dengan baik sekitar umur beberapa minggu setelah telur menetas.

f. Kekebalan melalui vaksin

Penggunakan vaksin pada ikan dapat dengan berbagai cara yaitu : dengan cara perendaman, suntikan, memlalui pakan dan melalui semprotan dengan tekanan tinggi.

Keuntungan pemberian vaksin dengan melalui perendaman adalah dapat menghemat tenaga dan waktu sert tidak menimbulkan stress pada ikan. Kelemahan metode ini adalah kita tidak dapat menaksir berapa banyak antigen yang dapat diserap oleh ikan.

Metoda pemberian vaksin melalui suntikan dapat memasukkan vaksi kedalam tubuh ikan secara tepat jumlahnya jadi effektivitasnya sangat terjamin. Tetapi metoda ini tidak effisien untuk digunakan pada ikan yang ukurannya kecil dan dalam jumlah yang banyak.

Penggunaan vaksin melalui pakan kalau ditinjau dari effisiensinya belum tentu semua vaksin yang diberikan melalui pakan akan dimakan oleh ikan. Selain itu dosis yang diberikan harus tinggi jadi penggunaan vaksin tersebut sangat boros.

Tabel 3. Saat perkembangan organ Sitem reticulo Endothelial pada ikan (hari) pada berbagai suhu

Spesies ikan	Suhu (°C)	Saat perkembangan organ (hari)setelah menetas			
		Thymus	**ginjal**	**limfa**	**galt**
Barbus conchonius	23	4	4	7	5
Cyprinus carpio	22	3	6	8	-
	suhu ruang	6-8	13-16	30-80	-
Oreochromis niloticus	24	9	14	-	14

Sumber:http://mencintaiprofesianda.blogspot.com

g. Kekebalan tubuh pada kelinci

Vagina adalah bagian saluran reproduksi yang mempunyai kontak dengan udara luar dan merupakan gerbang bagi mikroorganisme memasuki tubuh. Sementara vulva dan otot *sphincter* vulva memperkecil kemungkinan masuknya mikroorganisme ke dalam vagina, demikian pula otot *sphincter* vestibula memperkecil pergerakan mikroba menuju arah anterior vagina (Staples *et al*. , 1982).

Cervix adalah barier fisik bagi pergerakan mikroorganisme lebih jauh ke dalam saluran reproduksi. *Cervix* merupakan pertahanan yang baik karena terdiri dari suatu otot yang meligkar seperti cincin dan kenyal. Fungsi *cervix* difasilitasi oleh sekresi organ ini yang kental dan dapat menutupi lumen *cervix* selama terjadi kebuntingan. Sekresi *cervix* ini juga mengandung molekul yang disebut *lactoferrin* yang dapat

menghambat pertumbuhan bakteri. Selain fungsi *cervix* yang sebagai barier fisik tersebut, saluran reproduksi mengandung makofag, limfosit T, limfosit B, neutrofil dan sel-sel lain yang berperan dalam menjaga saluran reproduksi tetap steril. Saluran reproduksi juga difasilitasi oleh aliran sistem lympha. Pembuluh-pembuluh lympha mengaliri uterus bersama-sama dengan pembuluh-pembuluh dari ovarium sehingga konsentrasi progesteron pada saluran lympha utero-ovari pada sisi ipsilateral dimana ovarium dengan corpus luteum yang berfungsi, mencapai 10-1000 lebih tinggi dari pada konsentrasi progesteron yang berada pada pembuluh darah *jugularis* (Staples *et al.* , 1982). Sebagian besar aliran kelenjar lympha di saluran reproduksi berasal kelenjar lympha iliaca media dan lumbo-aortica. Saluran lympha ini juga merupakan kumpulan kelenjar lympha dari jaringan organ lain di ruang abdominal dan pelvis (Staples *et al*. , 1982).

Barier-barier fisik merupakan bentuk lapisan pertahanan pertama pada permukaan mukosa induk. Sebagai contoh, batas tipis sel epithelial dan sekresi mucosa merupakan faktor penting dalam pencegahan masuknya mikroba ke jaringan. Flora normal di vagina seperti *Lactobacillus spp* menghasilkan asam laktat dan hidrogen peroksida untuk menciptakan lingkungan pH yang rendah (Bischof *et al.* , 1994).

Sel epithelial di saluran reproduksi tidak hanya mempunyai kemampuan untuk mengenali pathogen, tetapi juga mampu merespon infeksi dengan menghasilkan komponen antimikroba, *chemokine* dan *cytokine*. Diantara komponen anti mikrobial itu adalah *defensins*. *Defensin*s adalah suatu *highly-conserved* dari kelompok cationik peptida yang menunjukkan aktifitas spektrum luas untuk melawan terhadap bakteri, virus dan jamur. Dua sub-familia utama *defensins* adalah α dan β- *defensins*. *α-defensins* sebagian besar dihasilkan oleh neutrophils dan sel paneth sedangkan *β-defensins* dihasilkan oleh sel

epithelial dan *keratinocytes.* Sebagai tambahan untuk peran antimikrobial, *β-defensins* juga mempunyai immunomodulator dan bertindak sebagai suatu *chemoattractant* untuk sel dendritik yang belum dewasa dan memori T-sel, sedangkan murine β - defensin-2 mengikat bagian sel dendrit dan dapat memulai respon kekebalan sendiri terhadap radang (Bischof, *et al*, 1994)

h. Kekebalan tubuh pada kucing

Kekebalan aktif

Kekebalan aktif adalah kekebalan yang didapat hewan dari masuknya mikroorganisme penyebab penyakit kedalam tubuh. Mikroorganisme tersebut antara lain virus, bakteri, jamur, protozoa dll. Masuknya mikroorganisme ke dalam tubuh dapat melalui vaksinasi atau infeksi penyakit secara alami.

Interaksidi dalam tubuh antara mikroorganisme dengan sistem kekebalan tubuh hewan akan mengasilkan antibodi yang terdiri dari molekul protein berukuran besar.

Peran penting antibodi adalah menjaga tubuh dengan cara menghancurkan mikroorganisme penyebab penyakit tertentu dan akan membentuk sistem kekebalan, sehingga tubuh akan kebal atau imun terhadap penyakit tersebut.

Kekebalan aktif akan timbul misalnya jika seekor kucing terinfeksi mikroorganisme penyebab penyakit tertentu dan mengalami kesembuhan, jika suatu saat penyakit yang sama kembali menginfeksi, kucing tidak akan mengalami gejala sakit atau kemungkinan dapat terinfeksi dan mengalami proses kesembuhan yang cepat. Proses ini sama dengan peristiwa vaksinasi.

Kekebalan aktif terhadap penyakit tertentu dapat ditimbulkan dengan cara vaksinasi.

Kekebalan aktif ini mempunyai waktu perlindungan yang jauh lebih lama dari kekebalan pasif.

Kekebalan pasif

Kekebalan pasif adalah kekebalan yang didapatkan dengan menerima kekebalan tubuh dari hewan lain.

Kekebalan yang di pindahkan/disuntikan tersebut dapat berupa cairan antibodi (serum) atau sel limfosit yang memproduksi anti bodi.

Dengan kata lain hewan tidak memproduksi sendiri zat kekebalan tubuh tetapi mendapatkan zat kekebalan dari hewan lain.

Kelebihan dari kekebalan pasif adalah reaksi terhadap penyakit yang cepat dan kekurangannya adalah waktu perlindungan yang singkat.

Kekebalan pasif dari induk di sebut juga kekebalan maternal.

Kekebalan pasif dari induk

Zat kekebalan tubuh(antibodi) di transfer dari induk ke anak melalui dua cara, melalui kolostrum(susu pertama/awal, 24 jam setelah kelahiran anak)dan darah melalui plasenta (tali pusar). Sebagian besar kekebalan pasif manusia di transfer melalui plasenta pada saat masih dalam kandungan. Sedangkan kekebalan pasif pada hewan termasuk kucing di transfer melalui kolostrum.

Pada saat lahir sistem kekebalan tubuh anak kucing atau hewan mamalia lain, belum berkembang dengan sempurna. Kucing yang baru lahir sangat rentan terhadap berbagai penyakit, kemungkinan besar anak kucing tersebut akan mati jika terserang penyakit.

Satu hal yang perlu di perhatikan adalah kekebalan induk dan anak sama artinya bila induk kucing mempunyai antibody/kebal terhadap penyakit panleukopenia maka anaknya pun mempunyai kekebalan terhadap penyakit tersebut walaupun tidak sekuat induknya.

Disinilah vaksinasi berperan penting. bila induk mempunyai kekebalan terhadap penyakit tertentu yang di dapatkan setelah vaksinasi, maka anaknya pun cenderung mendapatkan kekebalan yang sama dari induknya.

i. Dasar-dasar Pertahanan Tubuh

1) Gerak balas imun (tanggap kebal/ immune response)

Suatu reaksi tanggap kebal akan timbul apabila ada benda asing (antigen) yang memasukki suatu inang yang bereaksi dengan sistem kekebalan dari inang tersebut. Antigen/bahan-bahan asing bisa terdiri dari sel-sel seperti bakteri, virus,jamur, parasit atau bahan protein lainnya. Apabila benda asing tersebut memasuki tubuh inang maka akan merangsang jaringan limfosit untuk memproduksi sel-sel limfosit dan makrofag.

Limfosit yang dihasilkan oleh tubuh terdiri dari dua jenis sel yaitu :Limfosit-T dan limfosit –B. Perbedaan kedua limfosit ini adalah terletak pada cirri-ciri permukaan dan juga peranan dari setiap jenis sel tersebut. Misalnya dilihat dari fungsi sel-T atau limfosit-T mempunyai beberapa fungsi yaitu antara lain memainkan peran dalam pemusnahan jasad penyebab penyakit dengan jalan merangsang pembentukan "limfokin". Limfokin adalah sekelompok bahan yang dapat meningkatkan aktifitas makrofag.

Fungsi lain dari sel-T yaitu yang sangat penting meliputi membunuh sel target misalnya jasad patogen secara langsung (melalui imunitas perantara sel dan cytotoxicity) serta secara

kerjasama dengan sel-B dalam meningkatkan produksi antibodi. Interaksi antara sel-T dan sel-B diperantarai paling tidak oleh dua kelas molekul yaitu 1) molekul permukaan sel, yang berperan dalam penempelan sell dan sinyal transduksi 2) cytokine (termasuk interleukin) yang merupakan hormon polipeptid yang berperan dalam pertumbuhan, pembelahan dan diferensiasi sel dalam sistem kekebalan.

Tanggap kebal yang ditimbulkan oleh sel-T disebut dengan keimunan perantara sel (cell mediated immunity) sedangkan tanggap kebal yang dihasilkan oleh sel-B disebut dengan "humoral immunity". Sifat dari kekebalan yang dihasilkan oleh sel-T adalah tidak spesifik, sedangkan yang dihasilkan oleh sel-B bersifat spesifik.

Perbedaan tanggap kebal spesifik dengan yang tidak spesifik adalah: a) kespesifikan, b) keheterogenan dan c) ingatan/memori immunology.

Kespesifikan adalah pemilihan yang tepat baik oleh antibodi maupun limfosit untuk bereaksi dengan antigen atau benda asing lain dengan konfigurasi yang sama dengan antigen tersebut. Sifat keheterogenan dari tanggap kebal spesifik adalah terbentuknya berbagai jenis sel maupun hasil sel yang dikeluarkan sewaktu tubuh inang tersebut dimasuki oleh antigen. Sel-sel yang beraneka jenis tersebut akan menghasilkan antibodi dan limfosit sensitif yang bersifat heterogen. Sifat ketiga adalah terbentuknya "memori immunology" dalam sel-sel limfosit. Jadi apabila sewaktu waktu inang tersebut dimasuki oleh antigen yang sejenis maka inang tersebut akan cepat bereaksi untuk membentuk antibodi. Dengan adanya memori imunologi ini akan mempercepat dan meningkatkan terbentuknya zat anti (antibody) pada tubuh inang.

2) Antigen

Pada dasarnya antigen merupakan suatu benda asing yang memasuki suatu inang., yang biasanya benda asing tersebut tidak terdapat pada tubuh inang tersebut. Antigen yang mampu menimbulkan antibody disebut dengan immunogen, sedangkan sifat dari antigen tersebut adalah immunogenik.

Berdasarkan atas ukuran berat molekul dan kecepatan pembentukan antibody maka antigen dibagi menjadi : a) antigen kuat, yaitu antigen yang mampu merangsang terbentuknya antibody dengan cepat dan levelnya tinggi. b) antigen lemah, yaitu antigen yang mengambil masa cukup lama dalam memproduksi antibody dan levelnya juga rendah.

Pada umumnya suatu antigen dapat dikatakan sebagai antigen yang kuat apabila berat molekulnya melebihi 10.000. Namun demikian ada kekecualian bagi hormon polipeptin glukagon yang memiliki berat molekul 4.600, dan insulin yang mempunyai berat molekul 5.000 dapat berfungsi sebagai immunogen.

Kandungan kimia dari suatu bahan merupakan faktor penting untuk menentukan keimunogenan. Pada umumnya protein merupakan imunogen yang baik. Makro molekul seperti polisakarid dapat juga dianggap sebagai antigen kuat, sedangkan lipid dan asam nukleat biasanya merupakan antigen lemah. Tetapi apabila lipid atau asam nukleat digabungkan dengan dengan protein terlebih dahulu sehingga terbentuk makro molekul (lipo protein atau nukleo protein) maka akan dapat menghasilkan zat anti dengan level yang tinggi. Lipopolisakarid yang terdapat pada permukaan dinding sel bakteri gram negatif mempunyai keimunogenan yang tinggi.

3) Antibodi

Antibodi atau zat anti adalah suatu senyawa protein (gama-globulin, immunoglobulin) yang terbentuk karena adanya antigen (benda asing) yang masuk kedalam tubuh. Sifat dari antibodi yang dihasilkan biasanya sangat spesifik artinya hanya dapat bereaksi terhadap suatu organisme yang memiliki susunan molekul yang sama dengan perangsangnya (antigen asal).

4) Hapten

Suatu bahan kalau dimasukkan kedalam suatu inang tidak dapat menimbulkan antibodi, tetapi apabila bahan tersebut digabungkan secara kovalen dengan suatu bahan pembawa misalnya protein , maka bahan tersebut dapat menimbulkan antibodi yang sesuai bagi bahan tersebut. Bahan sedemikian itu disebut dengan "hapten". Sebagai contoh dinitropenil (DNP) apabila berkonjugasi dengan protein misalnya Bovin Serum Albumin (BSA) maka akan merangsang timbulnya antibody yang spesifik terhadap DNP. Demikian juga apabila inang tersebut disuntik ulang (booster) dengan konjugat yang sejenis maka akan mempercepat pembentukan antibody yang spesifik terhadap DNP.

5) Komplemen.

Suatu komplek enzim yang terdiri dari kira-kira 11 komponen protein, terdapat pada serum dan disintesis oleh makrofag. Fungsinya adalah untuk melisiskan fatogen baik yang dilakukan bersama dengan antibodi maupun sendiri.

6) Adjuvant

Jika sifat keimunogenan suatu antigen lemah sehingga hanya menghasilkan antibody yang rendah, maka keimunogenan antigen

tersebut dapat ditingkatkan dengan jalan menggunakan adjuvat. Adjuvant biasanya dapat berupa garam-garam aluminium, natrium alginat, endotoksin dari beberapa bakteri yang bersifat gram negatif.

Adjuvant yang umum digunakan dalam suatu penyelidikan misalnya Adjuvan komplit Freud (Complete Freud adjuvant) basanya terdiri atas minyak mineral ditambah dengan bakteri Mycobacterium.

Adjuvant tidak komplit Freud juga sering digunakan . Bedanya adalah bahwa bahan tersebut tidak dilengkapi dengan sel bakteri Mycobacterium.

3. Refleksi

Ada beberapa hal yang perlu ditingkatkan bagi siswa agar pengetahuan dasar anatomi imunitas yang telah dipelajari dapat dipahami oleh peserta didik. Kendala yang sering ditemukan adalah belum ada persiapan baik alat tulis, bahan penunjang /buku pendukung yang memadai, persiapan siswa sebelum menerima bahan ajar disekolah kurang memadai, kurang mau membaca sebelum fasilitator melakukan pemaparan saat kbm berlangsung. Solusi yang dapat dilakukan bagi siswa adalah membudayakan tradisi membaca, gemar membaca, kreatif untuk mencari tahu, menggali sendiri, informasi yang mendukung materi yang akan disampaikan. Meninjau kembali hasil pembelajaran dengan mengulang pembahasan terdahulu merupakan cara yang paling mudah, sehingga pengetahuan dasar tentang sistem imunitas dapat dikembangkan dan diimplementasikan pada tingkat yang lebih konkrit. Sebagai bahan masukan untuk pembelajaran berikutnya peserta didik dapat mengasosiasikan pengetahuan dasar ini dalam kehidupan sehari-hari yang relevan dengan masalah kekebalan tubuh hewan seperti mengapa, ternak divaksinasi, mengapa hewan bisa terjangkit penyakit dsb.

4. Tugas

Sebelum mengerjakan tugas sebaiknya membentuk kelompok dengan anggota maksimal 5 orang. Setiap kelompok menyiapkan peralatan seperti alat bedah (cutter/pisau, gunting, baki/nampan, ember dan bahan seperti ayam mati, air dan bahan desinfektan).

Diawali dengan melakukan pembedahan sesuai prosedur, temukanlah organ kekebalan tubuh yang ada pada tubuh ayam, selanjutnya,

1. Amati setiap bentuk dan letak dari organ pertahan tubuh ayam.
2. Cermati perbedaannya, dan bandingkan temuan anda dengan kelompok lain
3. Buat suatu kesimpulan hasil pengamatan kemudian sampaikan di depan kelas kepada kelompok lain.
4. Jika anda menemukan perbedaan secara fisik , catat perubahan yang ada kemudian diskusikan mengapa perubahan terjadi pada organ pertahanan tubuh tersebut yang dipandu oleh fasilitator anda.
5. Kembalikan peralatan dalam keadaan bersih seperti sedia kala.

5. Tes Formatif

1. Sebutkan beberapa jenis organ yang berfungsi dalam membentuk kekebalan tubuh pada ayam!

2. Kekebalan tubuh yang didapat dari induk, diturunkan secara vertikal adalah. . . . . . .

3. Syarat melakukan vaksinasi bagi hewan adalah hewan ada dalam kondisi. . . . .

4. Antibodi yang berperan penting dalam imunitas mukosis (en:mucosal immune) dan banyak ditemukan pada bagian sekresi tubuh (liur, mukus, air mata, kolostrum dan susu) adalah

   A. IgA B. IgD C. IgE D. IgG E. IgM

5. Komponen-komponen pertama yang bekerja ketika ada mikroba masuk ke dalam tubuh, dengan cara ingesti dan penghancuran terhadap mikroba tersebut adalah

   A. Neutrofil B. NK sel C. Makrofag
   D. A dan B E. A dan C

Jawaban

1. Kelenjar thymus, caeca tonsil, bursa fabricius, peyer patches.
2. Maternal antibodi
3. Sehat
4. A
5. C

Rangkuman

Sistem kekebalan tubuh melindungi organisme dari infeksi dengan pertahanan berlapis untuk meningkatkan spesifisitas. Dalam istilah sederhana, hambatan fisik mencegah patogen seperti bakteri dan virus memasuki organisme. Sistem kekebalan alami dibuat tubuh dengan membentuk antibodi sedangkan sistem kekebalan buatan dilakukan dengan cara pemberian vaksinasi.

Peran penting terhadap kekebalan tubuh dilakukan oleh leukosit yang terdiri dari sel fagosit dan sel limfosit.

C. Penilaian

1. Sikap

FORMAT PENILAIAN SIKAP

KOMPETENSI KEAHLIAN :. . . . .

KELAS :. . . . .

No (n)	Aspek Sikap/ranah Non Instruksional /Attitude	Skor Perolehan									
		Believe(B)(Preferensi oleh Peserta didik ybs)					Evaluation(E)(Oleh Guru /Mentor)				
1	Kedisiplinan	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	Kejujuran										
3	Kerjasama										
4	Mengakses dan mengorganisasi informasi										
5	Tanggung jawab										
6	Memecahkan masalah										
7	Kemandirian										
8	Ketekunan										
9	Religius										

Guru Mata Pelajaran . . . . , ... , ... 2013

Peserta Didik

(. . . . .) (. . . . .)

NIP. . . . . NIS. . . . .

2. Pengetahuan dan Keterampilan

ANALISIS NILAI DAN INDIKATOR (ANALISIS MATA PELAJARAN)

Nama Sekolah : SMK . . . .

Mata Pelajaran : . . . .

Tahun Pelajaran : 2013/2014

Program Keahlian : Agroteknologi

Kompetensi Keahlian : Agribisnis Ternak . . . .

Standar Kompetensi : Menjelaskan dasar-dasar anatomi ternak

Nama Guru : . . . .

Kelas : . . . .

ompetensi Dasar	THB	Nilai	Indikator	THB
Menerapkan pengetahuan anatomi pertahanan tubuh	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4
Menalar anatomi pertahanan tubuh	C3	Kreatif Mandiri Mempunyai rasa ingin tahu Komunikatif Gemar membaca	Dengan kreatif, mandiri, mempunyai rasa ingin tahu, komunikatif gemar membaca menjelaskan ternak berdasarkan hasil pengamatan.	C4

III. PENUTUP

Kehadiran buku teks SMK ini, diharapkan menjadi bekal bagi peserta didik dan rekan senasib, sebagai penanam kebaikan amal tanpa tanda jasa, untuk memperbanyak pengetahuan serta ketrampilan. Dengan demikian, bila ada kesulitan dalam proses pembelajaran, terasa sedikit teratasi sehingga kemauan untuk berkreasi dan berinovasi, dan mengembangkan pemahaman yang telah didapat semakin bersemangat.

Beragam cara dapat digunakan untuk mencetak diri agar lebih baik dari hari kemarin, namun yang pasti akan semakin nyata perubahan bisa terwujud bila memulai saat ini membiasakan belajar untuk mencari tahu, bukan diberi tahu. Sebagai pendidik, tetap memperkaya diri dengan aneka bahan ajar, dengan metode pembelajaran yang tidak asal memberi dan asal bebas dari tanggung jawab sebagai pendidik akan bisa mendongkrak kwalitas lulusan.

Bagi penyedia sumber bahan ajar, kami mohon maaf atas segala kealpaan, karena tanpa diawali komunikasi, kami telahmemakai atau menggunakan sebagai sumber penyusunan buku teks ini. Niat kami bukan komersial, tetapi semata-mata ibadah, berikhtiar memecahkan kebuntuan akan keterbatasan bahan ajar, untuk menambah ilmu dasar kejuruan bagi anak didik kita. Insya Allah tanpa disadari Bapak/Ibu telah ikut mencerdaskan anak –anak kita dan karena ketulusan pula akan mengalir pahala dari sekian anak bangsa yang dicerdaskan, Amin.

Dalam penyusunan buku teks ini, pasti banyak terdapat kekurangan, karenanya kami mohon koreksi, kritik dan saran yang sehat dari para pembaca , demi perbaikan dan kemajuan kita bersama.

SMK pasti bisa, akan lebih luar biasa bila kita mampu menyatukan visi dan misi demi kemajuan tunas muda penerus bangsa ini.

DAFTAR PUSTAKA

Dirjen Peternakan, (1981), Pedoman Pengendalian Penyakit Hewan, Jakarta, 89-93. Menular, Jakarta

Herry, S, (2012), Dasar Fisiologi Ternak. PT Penerbit IPB Press, 122-134.

Diaksespada jam 14. 00, tanggal 21 Oktober 2013.
jam 10.30 tgl 6 des 2013.

htpp:// wilsonum. blogspot. com/ anatomi-hewan-vertebrata;diakses pada jam 15. 00, tanggal 21 Oktober 2013.

Htpp://www. google. com/imgresimgrul;diakses pada jam 15. 30, tanggal 21 Oktober 2013.

Htpp://2. bp. bogspot. com;diakses pada jam 14. 30, tanggal 22 Oktober 2013.
jam 15. 00, tanggal 22 Oktober 2013.

jam 15. 30, tanggal 22 Oktober 2013.

jam 10. 00, tanggal 23 Oktober 2013.

Jonas, J. (2013), Petunjuk Mendiagnona Penyakit Ayam, BAB 2, Editor, Bandung, 4-6.

Philip, E. P. (2010), Anatomi dan Fisiologi. 3rd Bandung. Penerbit Pakar Raya, 251-264.

Suwarno, (2007). Panduan Pembelajaran Biologi. Jakarta. Penerbit Karya Mandiri Nusantara, 72-75